Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

VIII. Jahrgang. **Fünftes Heft.** Juni 1895.

Farbenmäntel als Ersatz der Farbenscheiben.

Von
Bruno Kolbe in St. Petersburg.

Die Demonstration der Mischfarben vermittelst der Farbenscheiben ist — selbst bei Anwendung der von einem Uhrwerke getriebenen Apparate — umständlich und zeitraubend, da zur Erzeugung einer neuen Mischfarbe die Farbenscheiben angehalten und verstellt werden müssen. Gilt es gar eine bestimmte Mischfarbe (z. B. den Farbenton einer Blume) zu treffen, so kann der Versuch lange währen; und wenn sich unterdessen die Beleuchtung ändert, was bei Tageslicht meist der Fall ist, so stimmt die Probe nie. Diese Übelstände bewogen mich, zu einer Zeit, wo ich mit der quantitativen Prüfung des Farbensinnes beschäftigt war, einen passenden Ersatz für die Maxwellschen Farbenscheiben zu suchen. Das gelang mir in einfachster Weise, als ich rotierende Cylinder (genauer: schwach sich verjüngende Kegelstumpfe) anwandte, auf welche ich entsprechende Farbenmäntel setzte. Mein „Farbenmesser" („Chromatometer"), der sich in der Folge als sehr bequem zur schnellen quantitativen Prüfung des Farbensinnes erwies, war ursprünglich zu diesem Zweck als besonderer Apparat mit zwei dicht nebeneinander rotierenden Cylindern construiert[1]), kann aber auch jeder Schwungmaschine angepasst werden und zur Demonstration der Mischfarben dienen.

Die rotierenden Farbencylinder[2]) haben vor den Farbenscheiben folgende Vorzüge: Die Farbenübergänge sind vollkommen gleichmässig und von überraschender Schönheit, besonders bei vollem Tageslicht oder bei elektrischem oder Magnesium-Licht; auch kann man mit einem Blick alle überhaupt möglichen Mischfarben zweier Componenten übersehen und durch passende Schieber in wenigen Sekunden jede Mischfarbe isolieren und während der Rotation des Farbenmantels den Procentsatz der Componenten ablesen. Dabei sind die verikal stehenden Cylinder in allen Azimuten gut sichtbar, was bei Demonstrationen sehr bequem ist.

Für Schulzwecke genügt es, einen Holzcylinder (*A* Fig. 1) von 200 mm Höhe (oberer Durchmesser 40 mm, unterer 44 mm), der auf einem in die Dille der Schwungmaschine passenden eisernen Dorn abgedreht ist, zu benutzen, auf den

---

[1]) Beschrieben und abgebildet in: B. Kolbe, *Geometrische Darstellung der Farbenblindheit. 1881 (St. Petersburg, Oskar Kranz; Leipzig, P. Steinacker) S. 61.* — B. Kolbe, *Zur Analyse der Pigmentfarben (v. Graefe's Archiv f. Ophthalmologie 1884, XXX, 2, S. 35).*

[2]) Herr Prof. E. Mach in Prag hat zuerst rotierende Cylindermäntel, und zwar für Contrastversuche, angewandt. Hiervon erfuhr ich erst nach Veröffentlichung cit. Arbeit, da der Titel der Machschen Schrift: *„Über räumliche Verteilung des Lichtreizes" (Sitzb. d. Wiener Acad., Bd. 52, vom 3. October 1865 und Bd. 54 vom 7. Juni 1866)* nicht die Beschreibung eines solchen Apparates vermuten liess. — Wie mir Herr Prof. Mach brieflich mitteilte, hat er später die Farbencylinder auch bei physikal. Demonstrationen benutzt. Neu ist demnach an meinem Apparat der Schirm mit dem Schieber und der Procent-Skala, die ihn zur Herstellung der Farbengleichungen und zur Prüfung des Farbensinnes geeignet macht.

die Farbenmäntel (*B* Fig. 1) geschoben werden, die oben mit einem 10 mm hohen Rande (*r*) aus schwarzem Glanzpapier versehen sind. Dieser Rand dient zum Anfassen, da die farbigen Papiere (glatte sind nicht geeignet) leicht durch Berührung abgerieben oder fleckig werden. Um ein Herabrutschen der Mäntel zu verhindern, kann man eine Blechscheibe (*s*) von 46 mm Durchmesser, die mit einem Loch versehen ist, über den eisernen Dorn schieben und an der unteren Fläche des Cylinders festschrauben, so dass ein vorspringender Rand von 2 mm Breite entsteht.

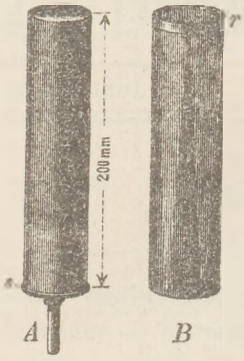


Fig. 1
(1/6 nat. Grösse).

Die Herstellung der Farbenmäntel ist einfach, wenn man sich zuerst eine gut auf den Holzcylinder passende Schablone aus Zeichenpapier (*A* Fig. 2, ohne den schraffierten Rand) herstellt und diese mit Zickzacklinien versieht. Diese Schablone legt man auf den Bogen aus recht steifem Papier, aus dem die Unterlage der Mäntel gebildet werden soll, umfährt die Contur und markiert die Schnittpunkte (1, 2, 3, 4, 1′, 2′ u. s. w.). Beim Ausschneiden muss an einer Seite (*a b*) und oben (*a c*) ein Rand von 10 mm Breite stehen bleiben. Ehe ein solcher Mantel zusammengeklebt wird, versieht man auch ihn mit Zickzack-Linien, da hierdurch das Aufkleben der farbigen Dreiecke erleichtert wird. Zu diesen eignet sich am besten (mattes) Heidelberger Blumenpapier (das aber nur mit Stärkekleister geklebt werden darf). Die zweifarbigen Mäntel dienen zur Demonstration der Mischfarben und erfordern mehr Arbeit. Man mache die oberen Farbendreiecke (*B* Fig. 2), nachdem die Contur mit einer Bleifeder gezogen, etwas breiter als nötig und achte darauf, dass die Spitze (*s*) genau auf den unteren Rand des Mantels zu stehen kommt und die Ecken (*e*) oben sich berühren und genau in gleicher Höhe befinden (200 mm vom unteren Rande). Nach dem Trocknen klebt man die unteren Farbendreiecke (*C* Fig. 2) auf und schlägt den vorstehenden Rand (*u*) um den Mantelrand nach innen, wo er festgeklebt wird. Zuletzt versieht man den oberen Rand mit einem Streifen aus schwarzem Glanzpapier (s. o.).

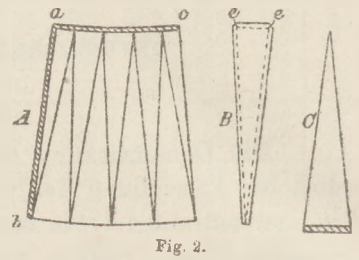


Fig. 2.

Will man sich nicht mit der Demonstration der continuierlichen Farbenübergänge begnügen, so stellt man einen Schirm aus schwarzem Bristolcarton (Fig. 3) in 3—4 mm Abstand von dem rotierenden Farbenmantel so auf, dass der 200 mm hohe und 24 mm breite Spalt genau vor die Mitte zu stehen kommt. Neben dem Spalt ist eine Skala angebracht, wo die Höhe der Mäntel in 100 gleiche Teile geteilt ist, also direkt der Procentsatz (der oberen Farbencomponente) abgelesen werden kann.

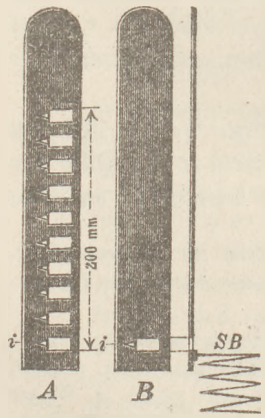


Fig. 4
(1/6 nat. Grösse).

Bei Anwendung eines Schiebers (*A* Fig. 4) mit zehn äquidistanten Diaphragmen (10,5 × 20 mm) treten zehn scheinbar homogengefärbte Farbenstufen auf, welche sich schön von dem dunkeln Schirme abheben, der natürlich dem Lichte zugekehrt sein muss. Neben jedem Diaphragma ist als Index (*i*) ein kleines Dreieck aus Silberpapier auf den Schieber geklebt.

Zu quantitativen Versuchen dient ein Schieber mit einem einzigen

Diaphragma (10 × 20 mm) am unteren Ende (*B* Fig. 4). Unterhalb der Öffnung ist ein gefaltetes und gepresstes schwarzes Seidenband von etwa 30 mm Breite und 240 mm Länge so am Schieber befestigt, dass es beim Heraufziehen desselben den unteren Teil der Farbenfläche verdeckt. Um diesen Schieber bequem einschieben zu können, ist die Vorderwand des Schirmes (*vv* Fig. 3) über dem Spalt fortgenommen und am unteren Rande des Spaltes etwas tiefer ausgeschnitten.

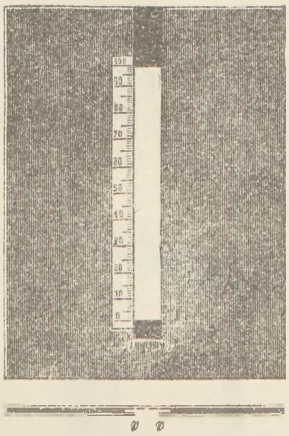


Fig. 3
(1/6 nat. Grösse).

Sehr interessant ist es, für zwei bei Tageslicht complementäre Farbenpaare, welche im richtigen Farbenkreise senkrecht zu einander stehen (z. B. gelb/ultramarinblau und carmin/blaugrün), die Lage der neutralen Grenzlinie der Gegenfarben zu beobachten, welche nur bei einer bestimmten Beleuchtung farblos (d. i. neutralgrau) erscheint, indem sie von der Art der Beleuchtung abhängig ist. Auch lässt sich aus der Verschiebung der neutralen Grenzlinie die chromatische Valenz sowie der Farbenton der benutzten künstlichen Beleuchtung berechnen[3]).

Zur Demonstration der Farbenschattirungen dienen Mäntel aus dünnem schwarzen resp. weissen Bristolcarton, die nur oben mit den farbigen Dreiecken beklebt sind. Für die Sättigungsstufen (Übergänge der Farben nach neutralem Grau, die auch zur quantitativen Prüfung des Farbensinnes dienen) verwendet man am besten Mäntel aus „Dunkel-Silbergrau No. 541“ von Schleicher & Schüll in Düren, Rheinprovinz.

Die beschriebenen Farbenmäntel werden nebst Zubehör von den Mechanikern G. Lorenz (O. Haase) in Chemnitz, Max Kohl in Chemnitz und Ferdinand Ernecke in Berlin angefertigt[4]).

Über ein Instrument zur Demonstration und Beobachtung der Variationen der magnetischen Deklination.

Von
Prof. Dr. **M. Eschenhagen** in Potsdam.

Eine einfache Methode zur Demonstration der fortlaufenden Schwankungen der Magnetnadel kann in jedem physikalischen Schulkabinet leicht und ohne wesentliche Kosten in folgender Weise ausgeführt werden.

Die Magnetnadel — am besten ein prismatischer oder runder Stab von höchstens 1 □cm Querschnitt und 5 bis 8 cm Länge — wird an einem gut austordierten Coconfaden mittels Haken oder einer Hülse aufgehängt. Das Austordieren geschieht durch Anhängen eines mit dem Magnetstabe gleich schweren Gewichtsstückes, dass man mehrere Tage hängen lässt, indess man den Cocon-

[3]) Diese Methode der Berechnung der chromatischen Valenz der Beleuchtung ist angegeben in Knapps *Archiv für Augenheilkunde 1883 XIII 2 S. 67—72* und in v. Graefes *Archiv f. Ophthalmologie 1884, XXX 2 S. 37—56* [wo auch (Tab. G S. 43) der in d. cit. Monographie berechnete Farbenkreis im Auszuge wiedergegeben ist].

[4]) G. Lorenz liefert einen Holzcylinder mit Zapfen für M. 3,50, einen Farbenmantel M. 0,60 (eine Collektion von 14 Stück M. 7); einen Blendschirm mit Schieber und Teilung M. 4.

faden einige Male mit Glycerin tränkt. Ist die Tragfähigkeit des Fadens nicht genügend, so nimmt man einen feinen Messing- oder Silberdraht von etwa 0,05 mm Stärke, den man aber auch gut austordieren muss. Die Aufhängevorrichtung kann aus einem einfachen Stativ bestehen, das aus einem festen runden Holzteller *ab* mit einer etwa 30 bis 35 cm hohen Messingsäule *cd* zusammengesetzt ist (siehe Fig. 1), die oben (bei *d*) umgebogen ist, so dass der angehängte Magnet *n s* nicht die etwas excentrisch auf der Platte befestigte Säule berührt. Man versieht die Holzplatte mit Fussschrauben *r*, um sie wagerecht stellen zu können. Zu solchen Schrauben kann man einfache käufliche Messingschrauben verwenden, die man durch die Platte an drei ein gleichseitiges Dreieck bildenden Stellen hindurchschraubt und auf deren Spitzen alsdann dieselbe auf einer eisenfreien Console aufgestellt wird. Der Magnetstab wird nach dem Austordieren des Fadens vorsichtig eingehängt und man kittet an denselben einen kleinen etwa 2×2 cm grossen Spiegel *e* an, der aber aus gutem Spiegelglas bestehen muss. Der Winkel, unter welchen man den Spiegel ankitten muss, ergiebt sich nach der Wahl des Ortes, von dem aus man beobachten will.

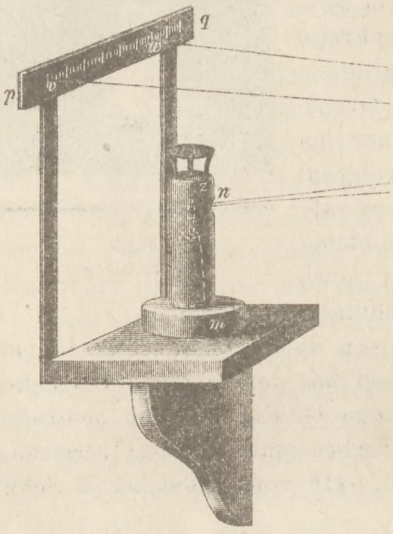


Fig. 2.

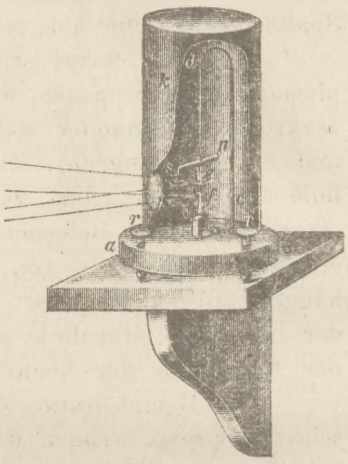


Fig. 1.

Stellt man das Magnetometer z. B. auf eine Eckconsole eines genau in astronomischer Nordrichtung befindlichen Zimmers, das keine grossen und leicht bewegbaren Eisenmassen, Magnete u. s. w. enthalten darf, und will man von Süden her beobachten, so wird der frei aufgehängte Magnet mit der Ost- oder Westwand einen Winkel gleich der magnetischen Deklination also im mittleren Deutschland 10 bis 11° einschliessen. Um eben diesen Winkel muss alsdann die Spiegelnormale von der Magnetrichtung abweichen, da erstere parallel der Ost- bezw. Westwand, dabei aber möglichst horizontal, liegen muss.

Einen zweiten Spiegel *f* von gleicher Grösse kittet man auf dem Holzsockel auf einen kleinen drehbaren Bock auf, so dass seine Normale ebenfalls horizontal und nur wenig von der des aufgehängten Spiegels abweicht. Letzterer hängt an der unteren Fläche des Magnetes genau über dem festen Spiegel des Sockels, das Auge, welches in beide Spiegel hineinsieht, muss gewissermaassen von der Trennungslinie halbiert werden, alsdann sind auch die beiden Normalen parallel. Man erreicht dies allmählich durch kleine Verdrehungen und Heben und Senken des Sockels, oder durch Verbiegen der Säule, an welcher der Magnet hängt, weshalb dieselbe oben etwas dünner gearbeitet werden kann. Es ist bei den nachherigen Beobachtungen wie auch schon bei den Einrichtungsversuchen notwendig, das Instrument durch Übersetzen eines Kastens *kk* vor Luftzug zu schützen, gegen

welchen der Magnet am Faden sehr empfindlich ist. Einen solchen Kasten kann man aus Pappe oder Holz (Eisennägel vermeiden) sich herstellen und ihm möglichst geringe Dimensionen geben, damit die Luftcirkulation beschränkt wird. Es ist gut, ihn ganz mit geglättetem Stanniol zu überkleben, um Wärmestrahlung und einseitige Erwärmung abzuschwächen, ferner ist für gutes Aufsitzen Sorge zu tragen; zweckmässig ist, ihn in der Fussplatte in eine etwa $^1/_2$ cm tiefe Rinne einzulassen. Er erhält in der Höhe der Spiegel eine runde Öffnung von etwa 50 mm Durchmesser, in welche eine Biconvexlinse von etwa 1,75 m Brennweite eingesetzt wird. Eine solche kann man von einem Optiker schleifen lassen, z. B. von Gebr. Picht in Rathenow, welche dieselbe zum Preise von M. 5,— liefern. Die übrigen einzelnen Teile können natürlich auch von einem Mechaniker ausgeführt werden, der dazu an der Figur den nötigen Anhalt findet; billiger wird es aber immer sein, wenn man die Zusammensetzung selbst ausführt.

Mit obigem ist das eigentliche Magnetometer vollendet, es erübrigt nun die Beschreibung des Beobachtungsapparates.

Man kann hierfür die in Laboratorien übliche Methode der Poggendorffschen Spiegelablesung mit Fernrohr und Skala wählen, will man aber einen billigen und doch zugleich präzisen Apparat selbst herrichten, so verwendet man einen sog. Lichtzeiger, der gegenüber der Fernrohrbeobachtung den Vorteil der objektiven Demonstration bietet. Derselbe besteht im wesentlichen aus einer Lichtquelle und einer Millimeterskala in folgender Anordnung.

In etwa 1,75 m Entfernung südlich von dem Magnetometer wird an der Wand eine zweite Console in gleicher Höhe mit der ersten befestigt. Auf derselben stellt man eine der käuflichen Benzinkerzen *m* (Fig. 2) fest auf und versieht dieselbe mit einem Cylinder *z* aus Messing oder Zinkblech, der oben noch einen sog. Blaker trägt, an einer Stelle in Höhe der Flamme hat er einen kreisrunden Ausschnitt *n* von etwa 5 mm Durchmesser, durch welchen das Licht auf das Magnetometer fallen kann (die Lichtstrahlen sind schematisch angedeutet), während sonst das Nebenlicht durch den Cylinder möglichst abgeschlossen ist. Während die Lampe etwa mitten auf der Console steht, bringt man am hinteren Rande derselben ein Stativ an, z. B. zwei Säulen oder ein einfaches Brett, welches senkrecht an der Console verschraubt ist; am oberen Rande derselben wird nun ein Millimetermaassstab in Papier oder Holz oder besser eine transparente Glasskala in einem Falz derart befestigt, dass sie in Augenhöhe des Beobachters kommt, die Lampe überragt und senkrecht zur optischen Axe der beiden Spiegel des Magnetometers kommt. Diese Glasskala *pq* besteht am besten aus einem Streifen mattierten Spiegelglases von etwa 35 cm Länge und 5 cm Breite, auf der matten Seite wird eine Millimeterteilung von 30 mm Länge nebst Ziffern aufgetragen, was man nach einiger Übung mit Reissfeder und Tusche fertig bringt. Ein Lacküberzug schützt die Striche vor Abnutzung. Hat man nun die Höhenverhältnisse so eingerichtet, dass die mittlere Höhe von Skala und Öffnung im Cylinder gleich der Höhe der Magnetometerspiegel ist und sind die Spiegelnormalen horizontal, so wird man auf dem matten Glas zwei helle runde Flecke *v* und *w* erblicken, welche die von beiden Spiegeln herrührenden Bilder des runden Ausschnitts im Schornstein der Lampe sind. Sieht man diese Bilder nicht, so hält man ein Blatt Papier zwischen Magnetometer und Skala, ohne die Lichtquelle abzudecken und kann dann durch Verschieben des Blattes die Lage der Lichtbilder verfolgen, wobei man das Zimmer natürlich ziemlich dunkel zu machen hat. Die richtige Lage der Licht-

bilder hervorzubringen, ist das schwierigste an der ganzen Aufstellung; man erreicht sie erst durch allmähliches Corrigieren, teils durch Höher- oder Tieferstellen von Lampe oder Skala, teils durch vorsichtiges Corrigieren der Spiegel.

Um denselben kleine Verdrehungen geben zu können, wendet man einen zähen, erst allmählich erhärtenden Kitt an, z. B. Guttapercha, welches in Stengeln in den Apotheken käuflich ist, und beim Erhitzen in der Flamme leicht schmilzt. Einmal fest gewordenen Kitt muss man erst durch vorsichtiges Erwärmen erweichen, wobei man sich jedoch hüten muss, die Spiegel zu beschädigen. Auf alle Fälle ist es gut, Reservespiegel bei der Hand zu haben.

Hat man nun die Bilder auf die Skala gebracht, wobei man beachten muss, dass das vom festen Spiegel herrührende v an der Seite der Skala etwa auf deren Nullpunkt fällt, während das bewegliche Bild w auf der Mitte der Skala liegen soll, so sucht man durch Verändern der Entfernung von Skala-Magnetometer, oder besser Lichtquelle-Magnetometer die Schärfe des Bildes zu einem Maximum zu bringen. Man erprobt daher zweckmässig die Aufstellung erst auf einem Tisch, ehe man die Consolen an der Wand fest macht. Wenn man nun über die Öffnung des Cylinders einen dünnen (0,05 bis 0,10 mm) Metalldraht vertikal spannt (durch Festlöten), so erblickt man in dem runden Lichtbild auch diesen vertikalen Faden und zwar so scharf, dass man seine Stellung auf der Skala genau auf Zehntel-Millimeter abschätzen kann.

Man muss so lange die Lampe verschieben oder die Skalenentfernung ändern, bis die hierzu notwendige Schärfe erreicht ist, wobei es natürlich darauf ankommt, dass die Linse die richtige Brennweite besitzt und dass die Spiegel hinreichend plan sind.

Die vorgeschlagene Entfernung der Consolen bezw. Brennweite der Linse ist gewählt, weil sie gestattet, den Skalenabstand derart zu regulieren, dass einer Winkelbewegung des Magnets von einer Bogenminute eine Standänderung des Fadenbildes von 1 mm entspricht, was bequem ist, wenn man die Beobachtungen wirklich rechnerisch verwerten und die Grösse der täglichen Deklinationsvariation messen will.

Nennt man f die Brennweite der Linse, die man nach bekannten Methoden selbst bestimmen muss, e die Entfernung der Skala von dem Magnetspiegel, ferner d den Abstand der Linse von dem Spiegel, so muss für obigen Fall sein:

$$e(1 - d/f) = 172 \text{ cm},$$

woraus man e zu berechnen hat.

Da f in erster Annäherung gleich e gesetzt werden kann, so sind beide bei gegebenem d zu ermitteln.

Es ist noch auf einen Punkt aufmerksam zu machen, nämlich auf die Beruhigung des aufgehängten Magnets, die namentlich bei den Aufstellungsarbeiten von Wichtigkeit ist. Grobes Schwingen und Pendeln des Magnets beruhigt man durch Annähern einer Flaumfeder oder eines Pendels, hat man aber den Kasten übergestellt, so pflegt der Magnet noch stark hin und her zu schwingen. Alsdann nähert man ihm ein Stück magnetisierter Stricknadel, man bemerkt bald, welches Ende den Magnet anzieht. Dieses nähert man demselben, wenn er sich von der Stricknadel fortbewegt, dreht aber letztere um, sobald der Magnet umkehrt u. s. f. Auf diese Weise vermag man nach einiger Übung, die man sich auch an einem gewöhnlichen Compass erwerben kann, die stärksten Schwingungen in kurzer Zeit zu beruhigen. Von Nutzen ist es dabei, das Bild des Auges im Spiegel zu beob-

achten, oder aber, wenn die Orientierung weit genug fortgeschritten ist, den hin- und herschwingenden Lichtpunkt auf der Skala oder einem Blatt Papier zu verfolgen.

Der fertige Apparat bietet ein Mittel, nicht allein in anschaulicher Weise die täglichen Schwankungen der Deklinationsnadel zu demonstrieren, wozu man nur den Stand des Fadens früh um. 8 Uhr und Mittags 1 oder 2 Uhr zu beobachten braucht, sondern es kann bei exakter Aufstellung die Amplitude dieser Schwankungen korrekt bestimmt und schiesslich sogar die Änderungen derselben und der Mittellage von Jahr zu Jahr verfolgt werden. Eine Controle dabei bietet das zweite feste Bild, das man auf den Nullpunkt der Skala einstellt, wobei man sich durch öfteres Controlieren überzeugt, dass keine Verschiebungen an den Apparaten eingetreten sind.

Schliesslich hat man mit diesem einfachen Instrument, dessen Kosten bei teilweiser Selbstanfertigung sehr geringe sind, ein Mittel, auch Beobachtungen von wissenschaftlichem Wert z. B. bei Gelegenheit von Nordlichterscheinungen oder magnetischen Störungen zu erzielen, wo die Magnetnadel bekanntlich in beständiger Unruhe ist.

Vorausgesetzt wird aber, im Fall die Beobachtungen Wert haben sollen, die hinreichende Entfernung grösserer fester und gänzliche Entfernung beweglicher Eisenmassen.

Man kann ferner die Beobachtungen an diesem Apparat benutzen, um etwaige Messungen der absoluten Deklination mit einem Compass unter sich zu vergleichen und dieselben von zufälligen Abweichungen zu befreien. (Siehe hierüber d. Verf. Aufsatz „Erdmagnetismus“ in Kirchhoff, *Anleitung zur deutschen Landes- und Volksforschung, Stuttgart, Engelhorn, 1889.*)

Zum Schluss sei noch erwähnt, dass man einen „Lichtzeiger“ noch in einfacherer Weise, wenn auch nicht ganz so genau, dadurch herstellen kann, dass man einen dünnen (0,2 mm) Platindraht in eine wenig leuchtende Gasflamme (sog. Bunsenbrenner) vertikal hält. Das Spiegelbild des leuchtenden Drahtes giebt bei richtigen Verhältnissen eine scharfe helle Linie auf der Skala, ohne dass es nötig ist, die blaue Gasflamme abzublenden.

Versuche aus der Akustik.

Von

Dr. **W. C. L. van Schaïk** in Rotterdam.

1. Untersuchungen der Luftschwingungen in Orgelpfeifen. Um die Schwingungen im Innern einer Orgelpfeife sichtbar zu machen, bediente ich mich im Winter von 1892 folgender Vorrichtung. In die Seitenwände einer nicht zu kleinen Pfeife sind an zwei einander gegenüberliegenden Stellen Öffnungen von etwa 2,5 cm Weite gebohrt, welche mit Glasplatten gut verschlossen sind (Fig. 1). Ebenso befindet sich daselbst in der Hinterwand eine Öffnung, wodurch man eine kurze Metallröhre *B* anbringt, welche luftdicht befestigt wird; das in die Pfeife ragende Ende *C* derselben ist ein wenig zusammengedrückt, so dass eine ganz schmale Spaltöffnung übrig bleibt, welche rechtwinkelig zur Pfeifenlänge steht. Durch diese Röhre wird ein sehr schwacher

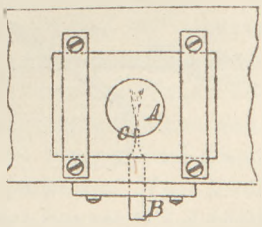


Fig. 1.

Luftstrom geführt, der im Innern der Pfeife bandförmig austritt, und die Luftschwingungen mitmacht. Am Ende der Röhre sind einige Flaumfedern befestigt, welche die Schwingungen des austretenden Luftblattes sichtbar machen können; diese Schwingungen können projiciert und vibroskopisch analysiert werden.

Der sehr schwache Luftstrom hindert das normale Ansprechen der Pfeife noch weniger als eine am Knotenpunkt angebrachte Membran. Der Luftstrom ist hierbei aber notwendig, weil ohne denselben die zwar leichten und schlaffen Federn den Luftschwingungen nicht hinreichend folgen würden. Bringt man einige gleiche Röhren an verschiedenen Stellen des Pfeifenkörpers an, und führt man denselben nach einander Luft zu, — wobei natürlich die jedesmal nicht gebrauchten Röhren verschlossen werden, — so constatiert man die bekannte Thatsache, dass die Abnahme der Amplitude nach den Knoten hin dem Sinusgesetz folgt, so dass auch die Zunahme der Druckschwankungen jenem Gesetze entsprechen muss, wie dies mit den Untersuchungen von Raps übereinstimmt. Durch passende Stellung von Planspiegeln gelang es auch, die Schwingungen des Luftblattes an einer bestimmten Stelle der Pfeife mit den Schwingungen des Anblasestroms in dasselbe Gesichtsfeld zu bringen und jene simultanen Schwingungen vibroskopisch zu analysieren.

Fig. 2.

Auch die Zusammensetzung des Pfeifenklanges kann auf die nämliche Weise sichtbar gemacht werden. Bringt man den bandförmigen Strom z. B. auf $^1/_3$ der Länge vom geschlossenen Ende einer engeren gedackten Pfeife, so zeigt sich die Schwingungsfigur bei sanftem Anblasen der Pfeife einfach; bei starkem Anblasen aber, wobei Grundton und Duodecime zugleich ertönen, erblickt man die in Fig. 2 angegebene Form, wobei ausser den zwei äussersten Stellen noch zwei andere Stellen minimaler Geschwindigkeit vorkommen. Die Schwingungsfiguren stimmen in dieser Hinsicht mit denen des früher untersuchten Anblasestroms überein.[1])

2. Zur Demonstration der Interferenz der aus zwei Punkten kommenden Wellenzüge. Um die Interferenz zweier auf einer Flüssigkeitsoberfläche erregten Wellenzüge zu zeigen, kann man sich bekanntlich der elektromagnetischen Stimmgabel bedienen, welche an einem Zinken zwei Spitzen trägt, die in die Flüssigkeit tauchen. Der Gebrauch der Stimmgabel hat aber das Unbequeme, dass man dieselbe so aufstellen muss, dass die Schwingungen der immerhin grossen Stahlmasse sich nicht durch den Tisch oder den Fussboden hin den Wänden des Gefässes mitteilen, weil die hierdurch an der Oberfläche entstehenden Wellen die Erscheinung beträchtlich stören.

Um den Versuch recht bequem anzustellen, werden die Spitzen *A* und *B*, welche die Quecksilberoberfläche berühren müssen, an eine pneumatisch bewegte Stahlfeder[2]) befestigt, vgl. Fig. 3. Diese befindet sich oberhalb des Quecksilbers, dessen Oberfläche man nicht zu klein nimmt. Die Vorrichtung braucht nur einen schwachen Luftstrom, und die schwingende Masse ist klein genug, um durch die Tischplatte keine merkbare Bewegung auf das Quecksilbergefäss zu übertragen. Die interferierenden

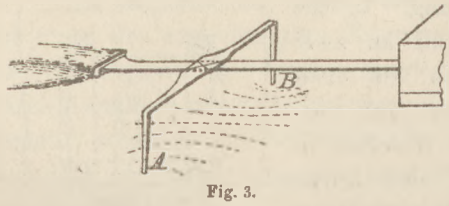


Fig. 3.

[1]) *Archives Néerland. T. XXV, 1891, S. 326.*
[2]) *Archives Néerland. T XXV, S. 295.*

Wellenzüge sowie die Hyperbeln erscheinen nun sehr deutlich und lassen sich durch auf die spiegelnde Oberfläche einfallendes Licht gut projicieren.

Die schöne Erscheinung wird aus bekanntem Grunde noch lehrreicher, wenn man das projicierende Lichtbündel an einer Stelle grösster Concentration durch die relativ kleine Öffnung eines schwingenden Schirmes treten lässt, dessen Vibrationszeit ein wenig mehr als das Doppelte der Periode der erregten Wellen beträgt.

Diese Versuche wurden bei einer Abendvorlesung der Batavischen Genossenschaft vorgeführt.

Geschichtliche Entwicklung der Anschauungen über das Wesen der elektrischen Wirkungen.

Von
Dr. **H. Classen** in Hamburg.

Wenn wir auch heute vielleicht mehr als je uns eingestehen müssen, dass alle bisherigen Forschungen nach dem Wesen der Elektricität uns die Kenntnis des wahren Zusammenhanges nur in immer weitere Ferne gerückt haben, so zeigt doch gerade der allmähliche Wechsel der Ansichten auf diesem Gebiete ein so gesetzmässiges Fortschreiten vom Althergebrachten zu gänzlich neuen Anschauungen, dass er hierdurch zugleich auch für alle anderen Zweige der Physik von grösster Bedeutung geworden ist. Daher mag wohl der Versuch einer zusammenhängenden Darstellung der Hauptentwicklungsphasen der Elektricitätslehre, soweit sich die mannigfaltigen, mathematischen Schwierigkeiten derselben auch ohne Benutzung mathematischer Formeln zur Anschauung bringen lassen, gerechtfertigt erscheinen.

Als den ersten Schritt, für die bereits bekannten mannigfaltigen Erscheinungen einen wirklichen Erklärungsgrund anzugeben, können wir die Untersuchungen Coulombs ansehen. Zwar war die Ansicht, die elektrischen Kräfte müssten als Eigenschaften eines oder zweier elektrischer Fluida, die in den Körpern wirksam sind, angesehen werden, bereits vor Coulomb allgemein verbreitet, doch war erst durch seinen Nachweis, dass die elektrischen Kräfte nach dem umgekehrten Quadrat der Entfernung abnehmen, jener Hypothese für die damalige Zeit die physikalische Berechtigung gegeben. Seit Newtons Entdeckung der Gravitation hatte man sich gewöhnt, selbst über Newtons eigene Gedanken hinausgehend, in der Abnahme einer von einem Punkte ausgehenden Kraft nach dem umgekehrten Quadrat der Entfernung den Beweis für die Existenz dieser Kraft als wirklicher Naturkraft zu finden. Da jede Wirkung, die von einem Punkte ausgeht, — so war wohl hierbei der Gedankengang, — sich auf eine um so grössere Sphäre verteilt, in je grössere Entfernung sie wirkt, so scheint zu folgen, dass jede wirklich existierende Kraft nach dem Gesetz der räumlichen Ausbreitung abnehmen muss; fand sich nun umgekehrt irgendwo diese geometrische Beziehung bestätigt, so glaubte man auch eine wirkliche Naturkraft, die nun weiter keiner einfacheren Erklärung mehr fähig sei, aufgefunden zu haben. Daher konnte durch das Coulombsche Gesetz die Existenz jener magnetischen und elektrischen Fluida als Träger der Kraft, analog den anziehenden Massen, als bewiesen gelten.

Die nächsten wesentlichen Fortschritte sind Ampère und Wilhelm Weber zu verdanken. Zunächst begegnen wir bei Ampère einer sehr bemerkenswerten Schlussweise, die ihn über Oerstedts gelegentliche Beobachtung der Ablenkung der Magnetnadel durch den elektrischen Strom hinaus zu einer ganzen Reihe neuer Entdeckungen führte. Wenn ein Strom auf einen Magneten wirkt, so schloss Ampère, so wirkt auch der Magnet auf den Strom; kann aber ein Strom durch magnetische Kräfte bewegt werden, so muss es für diesen Strom gleichgültig sein, ob die magnetischen Kräfte durch einen wirklichen Magneten oder durch einen magnetisch wirkenden Strom erzeugt sind; also müssen auch zwei Ströme

auf einander bewegend einwirken. Diese Schlussweise ist theoretisch von grosser Bedeutung, allgemein lautet sie: wenn aus verschiedenen Ursachen gleichartige Kräfte entspringen, so ist es für den von den Kräften angegriffenen Körper gleichgültig, welche der beiden Ursachen ihn antreibt; die entstehende Bewegung ist nur durch die Kraft selbst, nicht durch die Beschaffenheit der Ursache bestimmt. Dieselbe Schlussweise wird uns noch einmal in viel späterer Zeit begegnen und als wichtiges Kriterium dienen, und dann wird ihre Bedeutung für die Grundanschauungen noch mehr hervortreten.

Ampères Schluss bestätigte sich, und die Wechselwirkung zweier Ströme auf einander gab zu neuen Untersuchungen Anlass. Wie Coulomb die elektrischen Fernwirkungen auf die Wirkungen der einzelnen Teile zurückführte, stellte auch Ampère durch systematische Untersuchungen nunmehr fest, welche Kräfte zwischen zwei Stromelementen bestehen müssen, damit die Summe aller Elementarwirkungen zusammen gerade die beobachteten Bewegungen der ganzen Ströme ergiebt. Ganz im Sinne der hergebrachten Anschauungen gilt ihm als selbstverständlich, dass die Richtung der Wirkung mit der Richtung der Verbindungslinie der Elemente zusammenfallen müsse. Die Abnahme der Kraft nach dem umgekehrten Quadrat der Entfernung bleibt auch hier bewahrt; da jedoch Stromelemente nicht Punkte sind, sondern bestimmte Richtungen besitzen, so ist das Gesetz compliziert durch einen Ausdruck, der die Abhängigkeit der Kraft von der gegenseitigen Richtung der Elemente darstellt. Wir haben ein neues Gesetz; aber eine einfache geometrische Beziehung, wonach für die Abhängigkeit gerade dieser Ausdruck zu erwarten ist, existiert nicht mehr. Kann nun auch dieses Gesetz als die Entdeckung einer neuen Naturkraft angesehen werden? Man weiss nichts besseres und nimmt es zunächst dafür.

Auf diesem Punkte fand Weber die Frage vor; ihm gelang es, dieselbe bis zu dem innerhalb der hergebrachten Anschauungen erreichbaren Ziele zu führen. Noch eine dritte Reihe von Entdeckungen war inzwischen durch Faradays Untersuchungen bekannt geworden, die Thatsache nämlich, dass die Ströme ausser den bereits seit Ampère bekannten magnetischen Wirkungen auf einander auch noch elektromotorische, die sog. Induktionswirkungen auszuüben vermögen. Da diese nur auftreten, wenn irgend welche Veränderungen mit den Strömen vor sich gehen, konnte Lenz ihr Gesetz dahin aussprechen, dass die Induktionsströme stets solche Richtung haben, dass sie die zwischen den Strömen stattfindende Veränderung verzögern. Diese drei Gesetze: das Coulombsche, das Ampèresche und das von Lenz suchte nun Weber[1]) zusammenzufassen. Wenn es sich hier thatsächlich um Kräfte handelt, die als wirkliche Naturkräfte der Materie als solcher zuzuschreiben sind, so müssen sie einerseits, so schloss Weber, sich zurückführen lassen auf Wechselwirkung zwischen je zwei Elektricitätsteilen selbst, also auf Elementarwirkungen; andererseits, da den Teilchen selbst keine Richtung zukommt, kann die Elementarkraft zwischen zwei Teilen auch nur in der Richtung der Verbindungslinie derselben liegen. Da nach dem Ampèreschen Gesetz die Kräfte zwischen den bewegten Elektricitäten andere sind, als sie aus dem Coulombschen Gesetz sich ergeben, so folgte unmittelbar, dass die Elementarwirkung nicht von der Lage der Teilchen allein, sondern von ihrer relativen Bewegung abhängen muss. Aus den gemachten Voraussetzungen liess sich ganz eindeutig diese Abhängigkeit bestimmen, und es ergab sich, dass die Elementarkraft bestehen muss aus der Coulombschen Kraft, vermindert um ein Glied, das das Quadrat der relativen Geschwindigkeit, und vermehrt um ein Glied, das die Beschleunigung enthält. Aus diesem Elementargesetz kann man in der That alle bis dahin bekannten elektrischen Erscheinungen ableiten. Nachdem Weber schon vorher das Ampèresche und Lenzsche Gesetz durch eine Reihe sorgfältigster Maassbestimmungen geprüft und bestätigt gefunden hatte, bestimmte er nunmehr auch numerisch die Grösse der Abhängigkeit der Elementarkräfte von der Geschwindigkeit der Teilchen und fand nur so grosse Geschwindigkeiten von merkbarem Einfluss auf die Kraft, dass man sehr wohl auch das

[1]) Weber, *Elektrodynamische Maassbestimmungen. Abh. d. kgl. sächs. Ges. d. Wiss. 1846.*

Gravitationsgesetz durch die gleichen Glieder vervollständigen könnte, ohne dass man dadurch irgendwelche merkbaren Abweichungen in der Bewegung der Himmelskörper würde berechnen können, da eben die dazu erforderlichen Geschwindigkeiten niemals an denselben auftreten. Das Webersche Gesetz konnte also als allgemeines Naturgesetz zwischen allen Körpern angesehen werden, und die elektrischen Fluida brauchten sich nur durch ihre grössere Feinheit und daher leichtere Beweglichkeit von der gewöhnlichen schweren Masse zu unterscheiden. Auch eine vollständige Theorie der nach seinem Gesetze verlaufenden Bewegungen führte Weber aus, wie wir Newton die Theorie der Gravitationsbewegungen verdanken.

Damit schien allerdings das eine wahre Gesetz der Wechselwirkung zwischen Körpern gefunden und das Ziel erreicht. Und doch! War denn nun das Webersche Gesetz ein solches, wie es die hergebrachten Ansichten erwarteten? Gerade die Übereinstimmung mit der einfachen, geometrischen Beziehung war es, die die Gravitation als Naturkraft so wahrscheinlich machte; aber diese war zur Erreichung der Einheitlichkeit selbst für die Gravitation aufgegeben. Damit aber wurde zugleich der Grad der Gewissheit, im Weberschen Gesetze eine wahre Erkenntnis gefunden zu haben, erheblich geringer.

Weber war eben bei seiner Entwicklung der Elektrodynamik noch ganz von dem Gedanken beherrscht, das Gesetz der Wirkungen in die Ferne, welche ein Körper auf einen anderen vermöge seiner elektrischen Eigenschaften auszuüben vermag, müsse einfach aufgesucht werden. Die Existenz solcher Wirkungen direkt in die Ferne, durch das zwischenliegende Medium hindurch, war in dem Weberschen Anschauungskreise noch als etwas selbstverständliches enthalten, und das eben ist es, worin die spätere Zeit sich von seiner Lehre entfernt.

Die erste grössere Opposition gegen die Weberschen Entwicklungen ging von dem Altmeister der theoretischen Physik F. Neumann[2]) aus. Dieser fasste in seiner klaren, alles Hypothetische so lange als möglich vermeidenden Weise nun auch die Ampèreschen Untersuchungen über die Wechselwirkungen zwischen Strömen an; das hier Beobachtete sind die Wirkungen von Stromteilen auf Stromteile. Da wir uns jeden Strom beliebig in Teilabschnitte zerlegt denken können, so lässt sich aus dem unmittelbar Beobachteten in der That für die Wirkungen eines ganzen Stromes auf einen anderen ein Ausdruck aufstellen, der die Gesamtwirkung als Summe der Wirkungen der einzelnen Elemente angiebt. Neumann entwickelte diesen Ausdruck und fand, dass dieselbe Form, die die magnetischen Wirkungen darstellt, in sehr einfacher Beziehung zu allen über die Induktion zwischen Strömen beobachteten Erscheinungen steht und auch diese herzuleiten gestattet. Betrachtet man nun diesen Ausdruck, das sog. Neumannsche Potential zweier Ströme, in seiner einfachsten Gestalt, so liegt es sehr nahe, da dasselbe eine Summierung von Ausdrücken, die sich auf die einzelnen Stromelemente beziehen, ist, den zu summierenden Ausdruck selbst anzusehen als die Wirkung zwischen zwei Stromelementen; wenigstens erfordert die Annahme einer anderen Elementarwirkung stets die Einführung einer Hypothese, die über das unmittelbar Beobachtete hinausgeht. Die so erhaltene Elementarwirkung zwischen Stromelementen ist nun eine andere, als die aus dem Weberschen Gesetz sich ergebende, und das wird der Grund des Einspruches, den Neumann gegen Weber erhebt. Freilich eine Entscheidung konnte fürs erste nicht erreicht werden, denn in allen bisher bekannten Experimenten hatte man es nur mit in sich geschlossenen Strömen zu thun, und das Unterscheidungsglied zwischen beiden Theorieen ist derart, dass es bei einer Ausführung der Summierung über alle Teile einer geschlossenen Kurve gerade Null wird; und über nicht in sich geschlossene Ströme liegen keine ausführbaren Experimente vor. Der Grund der Möglichkeit zweier so verschiedener Theorieen, die doch im Gebiet des Experimentes stets dieselben Resultate ergeben, liegt mathematisch gesprochen in der Vieldeutigkeit, die man immer erhält, wenn man in einem Integral-

[2]) F. Neumann, *Pogg. Ann. 67, 1846.*

ausdruck zurückgeht auf das Element, über welches zu integrieren ist. Physikalisch gesprochen ist der verschiedene Ausgangspunkt zugleich der Grund des verschiedenen Resultates; bei Weber der Glaube an die Existenz der Wirkung in die Ferne, deren Gesetz nur aufgesucht werden müsse — bei Neumann die Forderung, nur das in die Physik einzuführen, was zur mathematischen Untersuchung und Darstellung des Beobachteten unbedingt notwendig ist. Weber wie Ampère hatten sich zunächst eine hypothetische Vorstellung von der Wirkung zwischen Stromelementen gebildet, aus dieser dann die Wirkung endlicher Ströme auf einander entwickelt, und prüften dann das Resultat durch das Experiment. Neumann dagegen zeigte, dass die experimentellen Daten allein schon genügen, den mathematischen Ausdruck für die Wirkung endlicher geschlossener Ströme eindeutig festzustellen, dass hier also keine besondere Hypothese erforderlich ist, dass mithin auch durch das Experiment für keine besondere entschieden wird, folglich auch die einfachste, mathematische Form zunächst noch den Vorzug verdient. So liegt denn die Bedeutung des Neumannschen Einspruches in dem energischen Hinweis auf das Hypothetische des Weberschen Gesetzes und auf die Möglichkeit, auch ohne dieses Gesetz alle Wechselwirkungen zwischen Strömen bestimmen zu können. Nachdem so einmal die Vieldeutigkeit in dem Elementargesetz aufgedeckt war, blieb es denn auch nicht aus, dass auch unter anderen als Webers Voraussetzungen Elementargesetze aufgestellt wurden. Schon vordem hatte Grassmann[3]) das Ampèresche Gesetz abgeleitet ohne die Voraussetzung, dass die Kraft in der Richtung der Verbindungslinie liegen müsse; Riemann[4]), Lorenz[5]) geben neue Formen des Grundgesetzes an; Clausius[6]) suchte die Form auf, die mit dem Gesetz von der Erhaltung der Energie übereinstimmt und unabhängig ist von der ebenfalls bei Weber auftretenden Forderung, dass in einem Strom stets die gleichen Elektricitätsmengen nach beiden Richtungen fliessen. Er gelangte zu dem eigentümlichen Resultat, dass dann nicht die relativen sondern die absoluten Bewegungen der Elektricitätsteilchen für die Wechselwirkung bestimmend sein müssten, worin dann implizite enthalten zu sein scheint, dass die Wirkung durch ein ruhendes Etwas, auf das die absolute Bewegung zu beziehen ist, zu bestimmen sei, also nicht mehr als direkte Fernwirkung gelten könne. Andere versuchten noch andere Hypothesen, ohne aus dem Gebiet des willkürlich Angenommenen herausgelangen zu können, und so konnten denn alle diese Versuche, da es an Experimenten zur Entscheidung fehlt, nicht weiter helfen und den Knoten auflösen.

Am umfassendsten versuchte v. Helmholtz[7]) für die schwebenden Fragen eine Entscheidung herbeizuführen. Er stellte zunächst die allgemeinste Form für die Elementarwirkung zwischen Stromelementen auf, die überhaupt noch dem erfahrungsmässig Bekannten genügt. Da alle beobachteten Wirkungen durch den Neumannschen Potentialausdruck dargestellt werden, so handelte es sich darum, den allgemeinsten mathematischen Ausdruck zu finden, der unter dem Integralzeichen im Neumannschen Potential hinzugefügt werden kann, derart dass bei jeder Summierung über geschlossene Stromkurven dieses Zusatzglied wieder verschwindet und dass zweitens gewisse einfache, der unmittbaren Anschauung entlehnte Forderungen erfüllt bleiben. Zu diesen rechnet Helmholtz, dass die Abnahme der Wirkung nach dem umgekehrten Quadrat der Entfernung geschieht und dass die Kraft den Stromstärken proportional ist. Unter diesen Voraussetzungen lässt sich für das Potential zweier Stromelemente ein allgemeiner Ausdruck plus einem Zusatzglied aufstellen, durch welchen nun in der That alle überhaupt möglich scheinenden Theorien umfasst werden; und es zeigt sich, dass alle Theorien auch dieses Zusatzglied in derselben Form haben müssen und sich nur durch einen constanten Faktor in diesem Gliede unterscheiden

[3]) Grassmann, *Pogg. Ann. 64, 1845.*

[4]) Riemann, *Pogg. Ann. 131, 1867.*

[5]) Lorenz, *Pogg. Ann. 131, 1867.*

[6]) Clausius, *Pogg. Ann. 156, 1875.*

[7]) Helmholtz, *Theorie der Elektrodynamik. Borchardts Journal 1871, 1873, 1874.* Zusätze dazu in den *gesammelt. Abhandl. 1881.*

können. In der Neumannschen Theorie ist nun dieser Faktor gleich + 1 und bei Weber gleich — 1.

Zur weiteren Entscheidung über den Werth dieser entgegengesetzten Theorieen griff nun Helmholtz auf das Gesetz von der Erhaltung der Energie zurück, das mittlerweile immer mehr Bedeutung für die verschiedensten Fragen der Physik gewonnen hatte. Wenn nun auch dieses Gesetz in seiner einfachen Form durch Webers Theorie erfüllt zu sein schien, so waren es doch zwei Einwände, die Helmholtz machen zu müssen glaubte. Er folgerte aus den erhaltenen elektrodynamischen Gleichungen in der allgemeinen Form, wenn in denselben die obengenannte Constante K einen negativen Wert hat, wie bei Weber, dass dann erstens ein Fall eintreten könnte, dass ein Teilchen in endlicher Zeit eine unendlich grosse Geschwindigkeit erhalte, und dass zweitens in gewissen Fällen das Gleichgewicht der Elektricität auf den Leitern nur labil sein könne. Beide Consequenzen, sagt Helmholtz, sind unzulässig, denn sie würden zur Construktion eines Perpetuum mobile führen können.

Die Erwiderungen Webers und seiner Anhänger gegen diese Einwände laufen darauf hinaus, dass die von Helmholtz behaupteten Consequenzen nur eintreten können bei entweder ganz molekularen Entfernungen, für welche auf die Erscheinungen noch andere compliziertere Verhältnisse Einfluss haben; oder wenn man die kleinsten vorkommenden Dimensionen als endliche darstellt, so werden die Dimensionen in denen die betreffenden Vorgänge ablaufen sollen, so gross, dass sie den Rahmen ausführbarer Versuche bei weitem übersteigen. Gegen den ersten Einwand wenigstens zeigte noch Weber[8]) selbst, dass man durch gewisse Wahl der noch zur Verfügung stehenden Constanten es in der That erreichen kann, dass im ganzen Bereich ausführbarer Versuche, d. i. im ganzen Gebiet des in der Natur für uns Wahrnehmbaren, jene erste Consequenz nicht eintreten kann Helmholtz macht dem gegenüber darauf aufmerksam, dass dann allerdings durch diese Wahl der Constanten ad hoc eine neue Hypothese eingeführt wird, zu der sonst keine Veranlassung vorliegen würde, und stellt auch dann noch die Forderung auf, dass, wenn ein Gesetz als wirkliches elementares Naturgesetz gelten solle, es auch bei Ausdehnung über die uns zugänglichen Maasse hinaus zu keinen unzulässigen Consequenzen führen dürfe.

Auf den zweiten Einwand hat Weber nicht mehr geantwortet. Für ihn hat C. Neumann[9]) versucht, durch eine Ergänzung des Weberschen Gesetzes für molekulare Dimensionen die Entstehung eines labilen Gleichgewichtes auszuschliessen, und Lorberg[10]) versuchte dasselbe durch Annahme einer gewissen Trägheit der Elektricität; doch gegen beide erwiderte Helmholtz, dass durch ihre neuen Versuche, das Webersche Gesetz zu retten, die Entstehung des labilen Gleichgewichtes nicht verhindert werden könne, und dass dies ein unwiderlegter Vorwurf gegen das Webersche Gesetz bleibe.

Durch diese Einwände hat das Webersche Gesetz in der That sehr bedeutend von seiner Einfachheit verloren und damit von der Wahrscheinlichkeit, als wahres Naturgesetz gelten zu können. Helmholtz suchte denn nun auch nur noch nach Mitteln, um Unterschiede und ausführbare Versuche zu finden für diejenigen elektrodynamischen Theorieen, für welche jene unterscheidende Constante K positiv ist.

Noch ehe er hierüber zu einer Entscheidung gelangt war, wurde von anderer Seite aus einem wesentlich verschiedenen Prinzipe ein Einwand gegen alle diese besonderen Theorieen erhoben, der vielleicht zur Beilegung des Streites mehr beitrug, als alle bisherigen Versuche, zu einer Einigung zu gelangen. Es war wieder das Prinzip der Einheit der Kraft, wie es früher von Ampère benutzt wurde, das diesmal von Hertz auf das erfolgreichste verwertet wurde. H. Hertz[11]) zeigte in einer theoretischen Arbeit über

[8]) Weber, *Elektrodynamische Maassbestimmungen. Abh. d. k. sächs. Ges. d. Wiss. 1871, 1878. Pogg. Ann. Jubelband 1874 und 156, 1875.*

[9]) C. Neumann, *Pogg. Ann. 155, 1875.*

[10]) Lorberg, *Pogg. Ann. E. VIII, 1878.*

[11]) H. Hertz, *Wied. Ann. 23, 1884.*

die Grundgleichungen der Elektrodynamik, dass, wenn es möglich sein soll, dass unter allen Umständen dieselben magnetischen Kräfte sowohl durch ein System von Magneten, als auch durch ein System von elektrischen Strömen erzeugt werden können, so dass also die magnetischen Kräfte von elektrischen Strömen und diejenigen von magnetischen Substanzen vollständig durch einander ersetzt werden können, dass dann auch gewisse Erscheinungen existieren müssen, die den Induktionsvorgängen analog sind und magnetische Induktionsströme heissen könnten. Diese Erscheinungen waren durch keine der bisherigen Theorieen, die sich auf das Neumannsche Potential stützen, ausgedrückt; um auch sie darzustellen, bedurften die Gleichungen einer anderen Ergänzung; Hertz leitete diese ab und gelangt dadurch zu einem Gleichungssystem, das identisch ist mit dem von Maxwell auf ganz anderem Wege erhaltenen. Aus den Helmholtzschen Gleichungen würde man zu einem ganz ähnlichen System gelangen, indem man die Constante $K = o$ setzt, wenn dann nicht die Ableitungsweise der Helmholtzschen Gleichungen ihre Grundlage verlöre. In der That wird bei Helmholtz unterschieden zwischen den Wirkungen, die die elektrischen Teilchen direkt aufeinander in die Ferne ausüben, und der Modifikation, die diese Wirkung erhält dadurch, dass das zwischenliegende, isolierende Medium infolge jener Fernkräfte polarisiert wird. Aus jener werden die Grundformen der Gleichungen abgeleitet und die Polarisation des Dielektrikums wird erst danach eingeführt und macht einige Modifikationen der Gleichungen erforderlich. Nun bedeutet aber das Nullsetzen der Constante K, dass jene Fernwirkung garnicht existiert, sondern alles nur durch die Polarisationen zu erklären ist, mithin ist für diesen Fall die Helmholtzsche Ableitungsweise nicht mehr anwendbar. So können denn in der That die Maxwellschen Gleichungen aus der Helmholtzschen Erweiterung des Neumannschen Potentiales nicht identisch gewonnen werden, obwohl doch auch Hertz zu ihnen durch eine Erweiterung der Neumannschen Gleichungen nur auf anderem Wege wie Helmholtz gelangt, und dadurch ist es verständlich, wie diese Gleichungen Maxwells in der That jene magnetischen Induktionsströme zu enthalten vermögen, während keine nach der Helmholtzschen Erweiterungsweise gebildete Theorie dieses zu leisten vermag.

Muss man aber hiernach das Maxwellsche Gleichungssystem bevorzugen, so dürfte es, wie Hertz am Schlusse jener Arbeit sagt, auch weit einfacher und empfehlenswerter sein, anstatt dieses Gleichungssystem auf dem weitläufigen Wege herzuleiten, wie er zu demselben gelangt ist — dass man nämlich zunächst von der Neumannschen Ableitungsweise seines Potentiales ausgeht und schliesslich die unter dem Integrale noch mögliche Ergänzung nach dem Prinzipe der Einheit der Kraft ausführt — statt dessen lieber die Maxwellsche sehr viel einfachere Herleitungsweise als die der Sache besser entsprechende anzunehmen.

Um zu sehen, was dies bedeutet, müssen wir zurückgehen auf die Entwicklung, die die Lehre von der Elektricität inzwischen in England genommen hatte. Hier war es vor allem Faraday[12]), dessen reiche Experimentaluntersuchungen die Kenntnis von den elektrischen Erscheinungen so hervorragend erweitert hatten. Faraday hat nun aber bei allen seinen Versuchen den Grundgedanken festgehalten, dass, wenn ein Körper auf einen anderen, an anderem Orte befindlichen, eine Wirkung ausübt, diese Wirkung nach jenem Orte durch das zwischenliegende Medium übertragen sein müsse. Eine direkte Wirkung in die Ferne, wie Weber sie voraussetzte und ihrer Form nach festzustellen suchte, war für Faraday von vornherein ausgeschlossen. So erblickte er stets den Sitz der elektrischen Vorgänge nicht in den leitenden Körpern, sondern gerade in den Isolatoren und in den in diesen hervorgerufenen Polarisationsvorgängen. Wenn nun auch alle Entdeckungen, die Faraday auf diesem Wege machte, auf dem von den deutschen Forschern bevorzugten Wege ihre mathematische Darstellung fanden, so hat nunmehr Maxwell[13]) die mathe-

[12]) Faraday, *Experimentaluntersuchungen. Phil. Transact. 1831—1841.*

[13]) Maxwell, *Treatise on Electricity and Magnetism. Oxford 1881*, eine sehr charakteristische Egänzung hierzu bildet *Poynting Phil. Transact. 1884, 1885.*

matische Darstellung nach der Faradayschen Anschauungsweise d. h. mit Ausschluss jeder direkten Fernwirkung gegeben, und gelangte dadurch direkt gerade zu dem Gleichungssystem, das in der Helmholtzschen Erweiterung nicht mehr enthalten ist, und das unter dem Gesichtspunkte des Prinzips der Einheit der Kraft bis jetzt das einwandfreieste ist.

Aber nicht nur von der theoretischen Seite, sondern auch von der experimentellen, insbesondere durch die Versuchsreihen von Hertz[14]) und die sich daran anschliessenden, zahlreichen Untersuchungen anderer Forscher, hat die Maxwellsche Theorie ein gewisses Übergewicht über die anderen erhalten. Der Punkt, von dem eine experimentelle Entscheidung zu hoffen war, war der: Ist zu der Ausbreitung der elektrischen Wirkung von einem Körper zu einem anderen, insbesondere der Induktionswirkung, eine gewisse Zeit erforderlich oder geschieht sie momentan? Hatte man es nur mit direkter Fernwirkung zu thun, so war momentane Ausbreitung zu erwarten, spielte die Polarisation des Dielektrikums dabei eine Rolle, so konnte auch eine gewisse endliche Fortpflanzungsgeschwindigkeit erwartet werden. Durch den Nachweis, dass in der Luft thatsächlich elektrische Wellen entstehen können, war nun in der That die Endlichkeit der Fortpflanzungsgeschwindigkeit erwiesen. Die zahlenmässige Bestimmung der in Frage kommenden Grössen ist freilich noch nicht bis zu der Vollkommenheit durchgeführt, dass eine bestimmte Theorie, die Maxwellsche oder eine der Helmholtzschen mit positivem k allein allen Erfahrungen gerecht zu werden vermöchte; aber wir können doch sagen, dass von allen Theorieen diejenige Maxwells am leichtesten und übersichtlichsten sich den bisherigen Erfahrungen anpasst.

Ist so auch von der experimentellen Seite dem Gleichungssysteme Maxwells ein Vorzug zuzugestehen, so würde doch der Ausspruch Hertz' in einer seiner späteren Arbeiten noch nicht hinreichend gerechtfertigt sein: „dass es nämlich nun nicht mehr zweckmässig erscheint, diese Gleichungen aus Vermutungen über die elektrische und magnetische Constitution des Äthers und über das Wesen der wirkenden Kräfte als aus bekannten Dingen herzuleiten, wie es dem historischen Gange entspricht. Viel eher ist es zweckmässig, an diese Gleichungen die weiteren Vermutungen über die Constitution des Äthers anzuknüpfen." Dieser Ausspruch erlangt erst seine Rechtfertigung dadurch, dass noch zwei Vorzüge in der Maxwellschen Theorie vereinigt sind. Erstens ergiebt diese Theorie die Möglichkeit des Entstehens von Wellenbewegungen mit allen den Eigenschaften, wie sie an den Lichtwellen bekannt sind und gestattet daher die optischen und elektrischen Erscheinungen als wesentlich zusammenhängende zu betrachten. Dieser Gewinn erhält aber erst durch den zweiten Vorzug dieser Theorie seinen eigentlichen Wert.

Maxwell[15]) hat in seiner mathematischen Darstellung der elektrischen Erscheinungen mit den Faradayschen Anschauungen allein nicht auskommen können, sondern, um auch das Gebiet der Induktionserscheinungen zu umfassen, ohne eine neue Hypothese einführen zu müssen, sieht er ein jedes System elektrischer und magnetischer Körper an als ein System mechanisch irgendwie in uns unbekannter Weise mit einander verknüpfter materieller Teilchen, auf welches jedenfalls die ganz allgemeinen Gleichungen der analytischen Mechanik, wie sie schon von Lagrange aufgestellt sind, anwendbar sein müssen. Insbesondere werden jene ganz allgemeinen Gesetzmässigkeiten, zu den Lagrange durch seine berühmte Transformation auf völlig willkürliche Coordinaten gelangte, auch hier ihre Gültigkeit haben müssen.

Wir können uns wenigstens ein ungefähres Bild von diesen allgemeinen mechanischen Sätzen machen, wenn wir das Beispiel eines in Cardanischer Aufhängung befestigten Kreisels betrachten. So lange der Kreisel sich selbst überlassen rotiert, werden wir keine Veränderung an dem System wahrnehmen, ja wir werden bei einem gut geglätteten und gleichmässig gefärbten Rotationskörper nicht einmal die Rotation selbst erkennen können.

---

[14]) H. Hertz, *Wied. Ann. 31, 34, 36, 37, 42.*

[15]) Maxwell, *Roy. Soc. Trans. 1864.*

Sobald wir jedoch der Axe des Kreisels eine andere Richtung zu geben versuchen, fühlen wir deutlich, dass eine Kraft dieser Veränderung sich widersetzt. Die Ursache dieser Kraft liegt in der vorhandenen Rotationsbewegung, die sich eben hierin uns stets offenbaren würde, wenn wir sie direkt auch nicht wahrnehmen könnten. In eben derselben Weise können in einem System von Körpern für uns nicht wahrnehmbare innere Bewegungen existieren und diese die Veranlassung zu Kraftwirkungen werden, die in den Bereich der sichtbaren Erscheinungen eingreifen. Von derartigen Kräften und ihren Beziehungen zu den sichtbaren Bewegungen und der lebendigen Kraft der nicht wahrnehmbaren inneren Bewegung handeln die Lagrangeschen Gleichungen.

Hiervon macht nun Maxwell die Anwendung, dass er sagt: Da ja jedenfalls auch die elektrischen Erscheinungen innerhalb des Rahmens mechanischen Geschehens ablaufen, so müssen auch in ihnen diese allgemeinen Gesetzmässigkeiten erfüllt sein, d. h. der Grund der Kräfte muss in solchen verborgenen Bewegungen liegen, und aus der Art der Kräfte müssen wir rückwärts schliessend zu der Art der Bewegung gelangen. Indem er von diesem Gesichtspunkt aus die Lagrangeschen Gleichungen anwendet, gelingt es ihm auch, zu dem mathematischen Ausdruck für die Induktionsvorgänge zu gelangen, ohne einer besonderen Hypothese zu bedürfen. Die Bedeutung dieses Schrittes tritt dadurch noch mehr hervor, dass gerade diejenige Gruppe von Gleichungen sich aus den allgemeinen mechanischen Gleichungen gewinnen lässt, welche für die Maxwellsche Theorie charakteristisch ist, im Gegensatz zu den anderen Theorieen. Von dieser Gleichungsgruppe haben ferner H. Hertz[16]) und E. Cohn[17]) gezeigt, dass sie allein genügt, um die Theorie der gesamten elektrischen Erscheinungen zu entwickeln, und Boltzmann[18]) hat dann auch schon versucht, die ganze Theorie auf der reinen Mechanik wirklich einheitlich aufzubauen. Nachdem die Maxwellsche Theorie aber auf dieses Fundament hat gestellt werden können, enthält sie in der That sehr viel weniger Hypothetisches als irgend eine andere Theorie; denn das Hypothetische liegt hier nur noch darin, ob die Art der Deutung der Lagrangeschen allgemeinen Funktionen auf die einzelnen elektrischen Grössen in der Art, wie Maxwell sie giebt, die richtige ist, oder ob hier noch einige Verschiebungen in den Begriffen vorgenommen werden müssen. In derartigen Unterschieden bestehen denn in der That auch nur die Differenzen zwischen den neuesten Versuchen zu weiterem Ausbau der Theorie, wie die von Heaviside[19]), Ebert[20]) u. a. Hier kann allein die Erfahrung den Prüfstein geben, und der oben citierte Ausspruch von Hertz würde dann folgendermaassen aufzufassen sein: Soweit die Maxwellschen Grundgleichungen in der Erfahrung ihre Bestätigung finden, soweit ist auch die Maxwellsche Deutung der unbestimmten Funktionen in den Lagrangeschen Gleichungen richtig und fordert dazu auf, jene Funktionen weiter zu untersuchen, um schliesslich von diesen zurückschliessen zu können auf die in ihnen nach ihrer Einführungsweise implizite enthaltenen Coordinaten der Massenteilchen, und damit solche Bewegungen materieller Teilchen construieren zu können, aus welchen Erscheinungen folgen, wie sie die Maxwellschen Gleichungen beschreiben.

Man könnte dieser Herleitungsweise der elektrodynamischen Erscheinungen aus den Lagrangeschen Gleichungen den Vorwurf machen, dass ihr die Anschaulichkeit fehlt, es ist alles nur zur mathematischen Formel gemacht. In der That enthalten ja die Lagrangeschen Gleichungen nur rein mathematische, d. i. formale Wahrheiten, die zunächst jedes physikalischen Inhaltes entbehren, und, wenn gezeigt wird, dass die erfahrungsmässig bekannten Gesetze der Elektrodynamik mit dieser allgemeinen Dynamik in Einklang zu bringen sind, so ist damit zunächst gar keine Erkenntnis von dem Wesen der elektrischen

[16]) H. Hertz, *Wied. Ann. 40, 41, 1890.*
[17]) E. Cohn, *Wied. Ann. 40, 1890.*
[18]) Boltzmann, *Vorlesungen über Maxwells Theorie, Leipzig 1891 u. 1893.*
[19]) Heaviside, *Electrician 1885. Phil. Mag. 1878, 1887, 1888, 1889.*
[20]) Ebert, *Wied. Ann. 51, 1894.*

Vorgänge geschaffen, sondern es ist nur bestätigt gefunden, was eigentlich garnicht bezweifelt wurde, dass nämlich der ganze Zusammenhang in der leblosen Natur auf rein mechanische Weise seine Erklärung finden muss. Das Wesentliche der thatsächlichen Zurückführung auf die allgemeine Dynamik besteht jedoch darin, dass unter den noch ganz allgemeinen und willkürlichen Lagrangeschen Funktionen gewisse näher bestimmte haben angegeben werden können, derart, dass durch Einführung dieser an Stelle jener der ganz allgemeine Mechanismus so spezialisiert ist, dass er nunmehr gerade die elektrischen Vorgänge wiedergiebt. Aus allen möglichen Bewegungszuständen materieller Teilchen ist also eine speziellere Gruppe herausgesucht, und es wird nun weiter die Aufgabe sein, durch immer genaueres Eingehen in die Einzelheiten der Erfahrung, auch diese Gruppe, die an sich immer noch einen sehr allgemeinen Charakter trägt, immer enger zu spezialisieren, so dass schliesslich immer weniger verschiedene Möglichkeiten von Bewegungszuständen als der Erfahrung genügend übrig bleiben, bis zuletzt der eine wahre aufgefunden ist.

Während man also früher von dem freilich sehr anschaulichen Gravitationsgesetze ausging, dann aber dieses mit fortschreitender Erkenntnis zu dem Weberschen Gesetze erweitern musste und dann wieder zu diesem Ergänzungsannahmen über gewisse Constanten oder über Molekularwirkungen machen musste und schliesslich zu der garnicht mehr anschaulichen von C. Neumann eingeführten mit der Zeit sich ausbreitenden direkten Wirkung in die Ferne gelangte; während also diese ältere Methode mit zwar Anschaulichem, aber willkürlich Construiertem, beginnt, darf es dieser Maxwellschen Schlussweise nicht mehr zum Vorwurf gemacht werden, dass sie so wenig anschaulich ist; denn es ist gerade ihr Vorzug, dass sie nicht eher zu speziellen Anschauungen fortschreitet, als bis die Berechtigung derselben erwiesen ist. So dürfte wohl die theoretische Physik, nachdem die Möglichkeit dieses Standpunktes erkannt ist, nunmehr zu einer Forschungsweise gelangt sein, durch die ihr das bisherige Umhertappen erspart werden kann, und die wenn auch zunächst nur unendlich mühsam, aber doch schrittweise und auf wohlgesichertem Wege vorwärts führt.

Von denen, die nunmehr auf dieser Grundlage weitergearbeitet haben, ist wieder in erster Linie Helmholtz[21]) zu nennen. In einer Reihe von mehr mathematischen Arbeiten entwickelte er zunächst eine eingehende Theorie von denjenigen der allgemeinen Bewegungsgleichungen, die für die Elektrodynamik besondere Bedeutung haben; es sind dies solche, in denen in sich zurücklaufende, sogenannte cyklische Bewegungen behandelt worden. Diese Theorie verknüpft die Untersuchungen über Wirbelbewegungen in Flüssigkeiten mit den in sich zurücklaufenden elektrischen Strömen und auch mit jeder andern Art von Kreisprozessen. In einer andern schon mehr physikalischen Arbeit zeigte Helmholtz, dass durch das Maxwell-Hertzsche Gleichungssystem das Prinzip der kleinsten Wirkung erfüllt wird. Dieses Prinzip ist ebenso wie das der Erhaltung der Energie an sich ganz allgemein gültig, die Bedeutung seiner Gültigkeit in diesem Falle liegt jedoch darin, dass wir hierdurch erst die Berechtigung erhalten, anzunehmen, dass in jenen Gleichungen die elektrischen Vorgänge auch schon vollständig beschrieben sein können. Würde diese Gültigkeit sich nicht bestätigt haben, so müssten wir schliessen, dass noch irgend weitere uns bisher verborgene Kräfte mit wirksam sein müssen oder dass noch nicht in Rechnung gesetzte Energie irgendwo gewonnen oder verloren geht. Da ferner das Prinzip der kleinsten Wirkung eine Aussage über die Differenz der kinetischen und potentiellen Energie enthält und der Satz der Erhaltung der Energie die Constanz der Summe beider behauptet, so eröffnet sich hierdurch eine Möglichkeit, einmal endgültig trennen zu können, welcher Anteil an den Erscheinungen auf Bewegung allein, und welcher unmittelbar auf die Wirksamkeit von Kräften zurückzuführen ist.

Eine andere Art, die Theorie weiter auszubauen, ist von Boltzmann versucht. Dieser entwickelte besonders die auch schon von Maxwell angewandte Methode der Dar-

[21]) Helmholtz, *Borch. Journ. 1884 u. 1886, Wied. Ann. 47, 1892.*

stellung durch Modelle, indem er zeigte, wie die Gleichungen, die uns den complizierten elektrischen Mechanismus darstellen sollen, in ihren einfachen Gestalten anschauliche Bewegungen und Abhängigkeitsverhältnisse darstellen, die wir leicht in mechanischen Modellen mit Rädern und Schnurläufen verwirklichen können. Wird dadurch auch nicht der wirkliche, gesuchte Mechanismus dargestellt, so machen doch diese „dynamischen Illustrationen" es fasslich, dass so complizierte Vorgänge wie die elektrodynamischen dennoch aus den wohl bekannten einfachen Mechanismen entspringen können. Zugleich bieten diese Modelle eine Handhabe für die Forschung, um aus den auf der einen Seite klar durchschauten Zusammenhang des Modelles durch Analogie auf neue Gesetzmässigkeiten und Prüfsteine für die Theorie zu schliessen.

Eine dritte Gruppe von Arbeiten für den Weiterbau ist unter den deutschen Forschern neuerdings durch Ebert[22]) vertreten. In dieser Richtung von Arbeiten wird für irgend einen Teil der in der Elektrodynamik zu behandelnden Erscheinungen eine anschauliche Bewegungsform angenommen, und dann gezeigt, in welcher Abhängigkeit von dieser Bewegung sich dann alles andere gruppieren muss. Ebert z. B. nimmt an, dass um die magnetischen Kraftlinien herum eine Wirbelbewegung oder wenigstens eine cyklische bestehe und zeigt, dass hierauf allein sich die ganze Theorie aufbauen lasse, sobald die elektrischen Kräfte in bestimmter mathematischer Abhängigkeit von den Bestimmungsstücken jener Wirbel gedacht werden. Gelänge es nun auch noch, mit dieser mathematischen Beziehung eine anschauliche Vorstellung zu verbinden, so wäre für die ganze Elektrizitätslehre ein neuer Ausgang gewonnen.

Noch eine Reihe bedeutender Arbeiten über die Maxwellsche Theorie könnten hier genannt werden, die teils tiefer einzudringen versuchen in einzelne Punkte des Ganzen, teils aber, wie vor allen die Darstellung Poincarés[23]), den klaren, einheitlichen Aufbau und die systematische Durchbildung des Ganzen im Auge haben. So ist diesem im besonderen die Hervorhebung der charakteristischen Verschiedenheit der Maxwellschen und Helmholtzschen Gleichungen zu danken. Auf der andern Seite versucht Föppl[24]) die für die ganze Elektricitätslehre so äusserst fruchtbringende Rechnungsweise mit Vektoren dem deutschen Leser zugänglich zu machen. Doch kann diese Arbeit nicht geschlossen werden ohne den Hinweis auf die letzte, so sehr bedeutungsvolle Arbeit von Hertz[25]) über die Prinzipien der Mechanik. Hier wird zum erstenmal, abweichend von der alten Darstellungsweise der Mechanik, und auch im Gegensatz zu der jetzt so gebräuchlichen Ableitung aus dem Hamiltonschen oder einem demselben gleichwertigen Prinzipe, die Idee der verborgenen Bewegungen eingeführt als Leitfaden für die Anordnung der elementaren Sätze der Mechanik.

Einfache Herleitung der Grundformeln der sphärischen Spiegelung und Brechung aus dem Huygensschen Prinzip.

Von

Professor Dr. **Walter König**, Dozenten am physikalischen Verein zu Frankfurt a. M.

Von dem Huygensschen Prinzipe pflegt man in der elementaren Optik nur Gebrauch zu machen, um die geradlinige Ausbreitung des Lichtes und das Grundgesetz der Reflexion und Brechung, d. h. den Vorgang der Reflexion und Brechung einer ebenen Welle an einer ebenen Grenzfläche zweier Mittel, aus den Vorstellungen der Undulationstheorie herzuleiten. Es sind das die bekannten Construktionen, die sich in jedem Lehrbuche finden. In der Katoptrik und Dioptrik dagegen bedient man sich, anknüpfend an

[22]) Ebert, *Wied. Ann. 52, 1894.*

[23]) Poincaré, *Electricité et Optique, Paris 1890.*

[24]) Föppl, *Einführung in die Maxwellsche Theorie, Leipzig 1894.*

[25]) H. Hertz, *Über die Prinzipien der Mechanik, Leipzig 1894.*

den Anblick der optischen Experimente, ausschliesslich des Begriffes der Lichtstrahlen, mit diesen operiert man rein geometrisch und hinsichtlich der Eingliederung dieses Gebietes in das übrige System der Optik begnügt man sich damit, nur die Grundlagen dieses Gebietes durch die oben genannten beiden Construktionen mit der Undulationstheorie in Beziehung zu setzen. Dass die übliche Behandlungsweise der geometrischen Optik nicht für alle Probleme ausreicht, ist bekannt; z. B. für die Erscheinungen in Medien mit stetig veränderlichem Brechungsexponenten ist ein Zurückgehen auf die Wellenflächen erforderlich. Es ist ferner in neuerer Zeit darauf hingewiesen worden, dass für das Zustandekommen einer optischen Abbildung die blosse Vereinigung von Strahlen, die von einem Punkte ausgehen, in einem anderen Punkte nicht genügt; es muss daneben die Bedingung erfüllt sein, dass die Strahlen mit gleicher Phase im Bildpunkte zusammentreffen. Man bedarf also des besonders zu führenden Nachweises, dass diese Bedingung bei den üblichen Arten der Strahlenvereinigung stets erfüllt ist, d. h. die optischen Längen für alle Strahlen zwischen conjugierten Punkten stets die gleichen sind. Dieser Umstand entfällt, wenn man die Abbildungsgesetze von vorn herein aus der Betrachtung der Wellenflächen unter Anwendung des Huygensschen Prinzipes ableitet. Man gewinnt damit zu gleicher Zeit den Vorteil einer einheitlichen Darstellung, wenn man die Thatsachen der geometrischen Optik nicht für sich sondern als Teil der physikalischen Optik zu behandeln hat. Das Werk von Huygens ist auch hierin vorbildlich. Im letzten Kapitel seiner Abhandlung über das Licht („Über die Gestalt der durchsichtigen Körper, welche zur Brechung und Zurückwerfung dienen“) hat er einige der wichtigsten Probleme über die Reflexion und Brechung an gekrümmten Flächen nach seinem Prinzipe behandelt. Eine Ableitung der uns heute geläufigen Formel für die Linsen und sphärischen Spiegel hat er jedoch nicht gegeben; diese Formel war in ihrer allgemeinen Fassung zu jener Zeit überhaupt noch nicht bekannt. Dass auch sie in ganz einfacher und elementarer Weise mit Hilfe der Huygensschen Construktion gefunden werden kann, soll im Folgenden gezeigt werden. Es wird sich dabei ergeben, dass die Formeln in dieser Ableitung eine einfache, unmittelbar anschauliche, physikalische Bedeutung besitzen, die ihnen bei der anderen Art ihrer Herleitung nicht in gleichem Maasse zukommt. Die Construktionen beruhen auf der Anwendung folgenden Hilfssatzes.

Es sei (Fig. 1) MN ein Stück eines Kreises, um C mit dem Radius r beschrieben; eine durch C gehende Gerade schneide den Kreisbogen in O. Die Coordinaten eines O benachbarten Punktes P des Kreises, bezogen auf OC als Abscissenaxe und auf die Tangente in O als Ordinatenaxe, seien x und y. Dann besteht, wie leicht zu ersehen ist, die Beziehung:

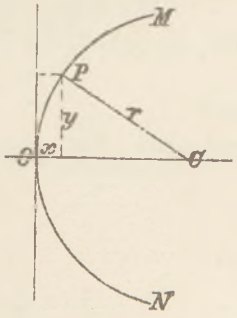


Fig. 1.

$$1) \qquad x = r\left(1 - \sqrt{1 - \frac{y^2}{r^2}}\right).$$

Nimmt man y sehr klein gegen r, d. h. beschränkt man sich auf Punkte P, die sehr nahe am Scheitel O liegen, so lässt sich für obige Gleichung in erster Annäherung schreiben:

$$2) \qquad x = \frac{y^2}{2r}.$$

Die Grössen x sind also von der zweiten Ordnung unendlich klein gegen r, wenn die Grössen y von der ersten Ordnung unendlich klein gegen r genommen werden. Man sieht ferner, dass wenn mehrere Kreise mit verschiedenen Radien gegeben sind, für Punkte mit gleichem y die x den Radien der Kreise umgekehrt, den Werten ihrer Krümmung also direkt proportional sind. Es seien zwei Kreise gegeben mit den Radien r_0 und r_1; die Werte von x seien für gleiche y, x_0 und x_1, also:

$$x_0 = \frac{y^2}{2r_0} \quad \text{und} \quad x_1 = \frac{y^2}{2r_1}.$$

Dann definiert die Beziehung:

3) $$x_2 = m x_0 + n x_1$$

einen dritten Kreis, dessen Radius r_2 bestimmt ist durch die Gleichung:

4) $$\frac{1}{r_2} = \frac{m}{r_0} + \frac{n}{r_1}.$$

Eine Beziehung solcher Art ergiebt sich unmittelbar, wenn man an der Hand der Huygensschen Construktion die Umgestaltung verfolgt, die eine sphärische Welle durch Spiegelung oder Brechung an einer Kugelfläche erleidet. Um die Construktionen nicht zu verwirren, mögen die Fälle der Spiegelung und der Brechung gesondert behandelt werden.

Gegeben sei ein leuchtender Punkt A und ein sphärischer Spiegel mit dem Mittelpunkte C. Da um AC alles symmetrisch ist, genügt es, die Construktionen in einem durch AC gelegten ebenen Schnitt auszuführen. Es bedeute also in unserer Zeichnung (Fig. 2) $M_0 O N_0$ den sphärischen Spiegel mit dem Radius r_0. $M_1 O N_1$ bedeute die vom leuchtenden Punkte A ausgegangene kugelförmige Lichtwelle in der Lage, die sie beim Durchgange durch den Punkt O haben würde, wenn der Spiegel nicht vorhanden wäre. Die reflektierte Welle erhält man, indem man um die Punkte der Spiegeloberfläche Elementarwellen beschreibt, deren Radius für jeden Punkt der Oberfläche gleich der Strecke ist, um die dieser Punkt dem leuchtenden Punkt A näher (oder ferner) liegt als der Punkt O. Die Einhüllende dieser Schaar von Elementarwellen ist auf der einen Seite die einfallende, auf der anderen Seite die reflektierte Welle. Beschränkt man sich auf Teile der Wellenflächen, die dem Scheitelpunkte O unendlich nahe liegen, so können die Radien der Elementarwellen in erster Annäherung gleich den horizontalen Abständen der Spiegeloberfläche von der einfallenden Welle einerseits, von der reflektierten andererseits gesetzt werden, also gleich den Differenzen der Abscissen, die von der allen drei Kurven gemeinsamen Tangente in O aus gerechnet werden. Diese Abscissen sollen für gleiche Werte von y bezeichnet werden

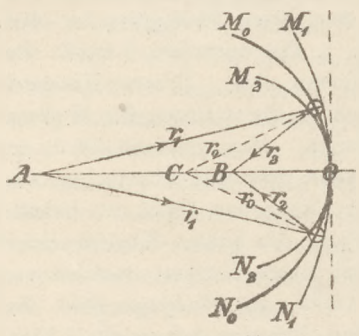


Fig. 2.

mit x_0 für die spiegelnde Fläche,
mit x_1 für die einfallende Welle,
mit x_2 für die reflektierte Welle.

Der Radius der Elementarwellen ist dann offenbar in erster Annäherung $= x_0 - x_1$, und die reflektierte Welle ist dadurch gegeben, dass

$$x_2 - x_0 = x_0 - x_1$$

oder

$$x_2 = 2 x_0 - x_1$$

sein muss. Nach dem Hilfssatze ist also die reflektierte Welle ebenfalls kugelförmig, ihr Radius ist bestimmt durch die Gleichung:

$$\frac{1}{r_2} = \frac{2}{r_0} - \frac{1}{r_1}.$$

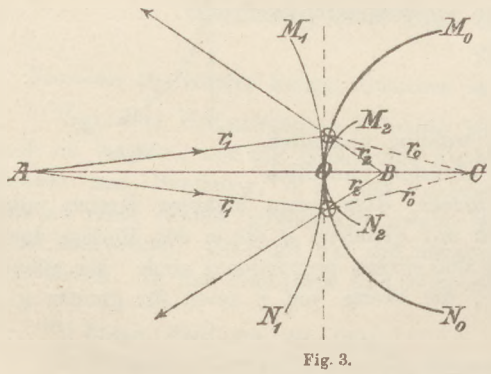


Fig. 3.

Das Centrum dieser reflektierten Kugelwelle ist der zu A conjugierte Bildpunkt B. Er ist reell, wenn die reflektierte Welle concav ist gegen die Richtung, in der sie fortschreitet, virtuell im entgegengesetzten Falle. Fig. 2 giebt die Construktion für einen Hohlspiegel, Fig. 3 für einen Convexspiegel. In letzterem Falle lautet die Gleichung, welche die reflektierte Welle bestimmt, wenn man die absoluten Werte der x nimmt:

$$x_1 + x_0 = x_2 - x_0;$$

berücksichtigt man aber, dass r_0 und r_2 in diesem Falle negativ zu nehmen sind, so erhält man dieselbe Gleichung wie oben:

$$\frac{1}{r_2} = \frac{2}{r_0} - \frac{1}{r_1}.$$

Nennt man die Abstände der Punkte A und B von O in der üblichen Weise a und b (statt r_1 und r_2), so hat man die bekannte Gleichung:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{2}{r_0}.$$

Die Maassverhältnisse in den Figuren 2 und 3 sind:

$r_0 = +6$ $\quad a = +12$ $\quad b = +4$

$r_0 = -6$ $\quad a = +12$ $\quad b = -2{,}4.$

Zieht man es in Fällen wie Fig. 3 vor, die reflektierte Welle so zu zeichnen, wie sie wirklich vor dem Spiegel liegt, nachdem die einfallende Welle einen Teil des Spiegels überstrichen hat, so muss man die Construktion etwa wie in Fig. 3a ausführen; da alsdann die Scheitelpunkte der drei Kugelflächen nicht mehr zusammenfallen, so bedarf der Ansatz der Gleichung einer leicht ersichtlichen Modifikation. Im Prinzip ist die Ableitung die gleiche wie vorhin.

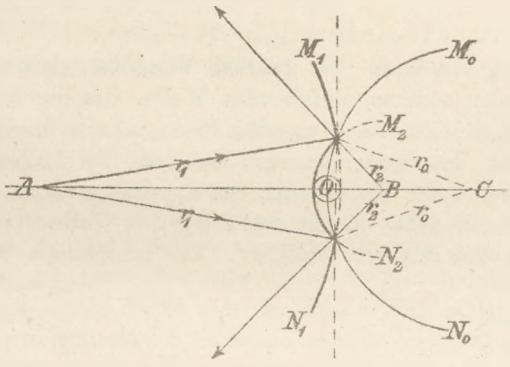


Fig. 3a.

Für die Brechung an einer Kugelfläche verfährt man in derselben Weise, nur müssen für die in das Innere des zweiten Mediums eindringende Welle die Radien der Elementarwellen in dem Maasse verkürzt werden, als die Lichtgeschwindigkeit im zweiten Medium kleiner als im ersten ist. Bedeuten v_1 und v_2 diese Lichtgeschwindigkeiten ($v_1/v_2 = n$), so ist die gebrochene Welle (Fig. 4) gegeben durch die Bedingung:

$$\frac{x_0 - x_1}{v_1} = \frac{x_0 - x_2}{v_2}$$

oder $\qquad n x_2 = (n-1)\, x_0 + x_1.$

Berücksichtigt man, dass in dem dargestellten Falle nach der üblichen Bezeichnungsweise r_2 und r_0 negativ zu rechnen sind, so kommt man auf die bekannte Gleichung:

$$\frac{1}{r_1} + \frac{n}{r_2} = \frac{n-1}{r_0}$$

oder

$$\frac{1}{a} + \frac{n}{b} = \frac{n-1}{r_0}.$$

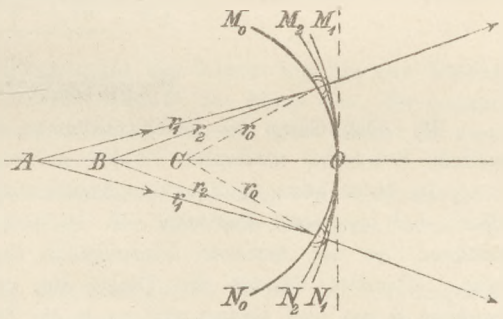


Fig. 4.

In dem gewählten Beispiele ist die Brechung an einer concaven Grenzfläche von Luft und Glas ($n = 1{,}5$) dargestellt; $r_0 - 6$, $a = +12$, $b = -9$.

Fig. 5 stellt unter denselben Bedingungen die Brechung an einer convexen Glasoberfläche dar; die einfallende Kugelwelle geht in diesem Falle in eine ebene Welle über: $r_0 = +6$, $a = +12$, $b = \infty$.

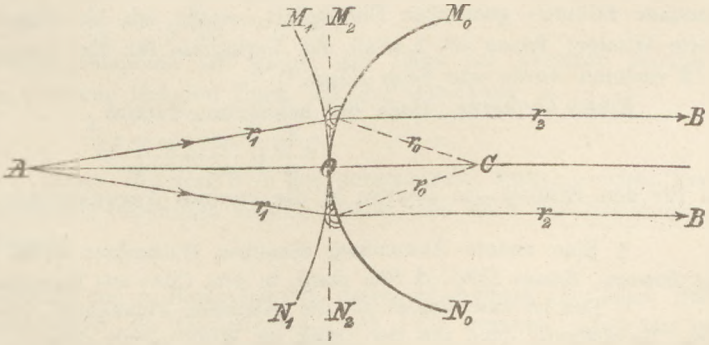


Fig. 5.

Wie sich durch wiederholte Anwendung derselben Construktion die Wirkung mehrerer spiegelnder oder brechender Flächen darstellen lässt, bedarf keiner näheren Ausführung.

Endlich lässt sich der allgemeine Fall eines beliebigen, unendlich dünnen optischen Systems, das durch seine Brennweite definiert ist, folgendermaassen behandeln (Fig. 6).

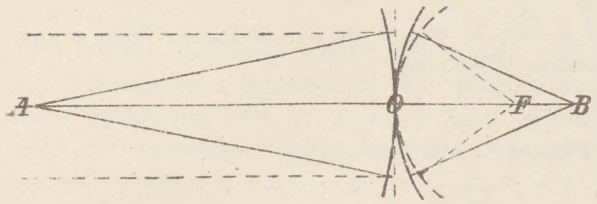


Fig. 6.

Die Wirkung des Systems besteht darin, eine einfallende ebene Welle in eine Kugelwelle vom Radius f zu verwandeln, d. h. den Punkten der einfallenden Welle horizontale Verschiebungen (positive oder negative, relative Beschleunigungen oder Verzögerungen, je nach dem Vorzeichen von f) zu erteilen, die durch die Gleichung:

$$x_0 = \frac{y^2}{2f}$$

gegeben sind. Die gleichen Verschiebungen erteilt das System den entsprechenden Punkten jeder anderen einfallenden Welle. Ist die letztere eine sphärische Welle, die vom leuchtenden Punkte A ausgeht ($OA = a$), so liegen die Punkte gleicher Phase um $x_1 = y^2/2a$ vor den entsprechenden Punkten der ebenen Welle, d. h. der Tangentialebene in O. Durch die Einwirkung des Systems erfahren diese Punkte die Verschiebungen x_0 und sie liegen daher in der resultierenden Welle um dieselben Strecken x_1 vor den Punkten der Kugel mit dem Radius f. Die austretende Welle ist also bestimmt durch die Gleichung:

$$x_2 = x_0 - x_1$$

oder

$$x_1 + x_2 = x_0$$

d. h.

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}.$$

Bei dieser Art der Herleitung springt der einfache physikalische Sinn der Formeln in die Augen. Sie drücken im letzten Grunde nichts anderes aus als die Phasengleichheit der eintretenden und der austretenden Welle.[1])

Physikalische Aufgaben.

11. Den Gang der Lichtstrahlen zu berechnen, die von einem um 250 mm (die deutliche Sehweite) entfernten Punkte ausgehend die Netzhaut treffen.

In einer ganz genügenden Annäherung sind die hier vorkommenden Krümmungsradien, bei normalem Zustande, 8, 10 und 6 mm, und zwar beziehungsweise an der Hornhaut, an der äusseren Linsenfläche (bei der Pupille) und an der inneren Linsenfläche. Überdies beträgt die Dicke der vorderen Augenkammer mit Einrechnung der Hornhaut 4 mm und ebenso viel auch die Dicke der Linsen.

Die brechenden Medien haben — von der dünnen Hornhaut wird abgesehen — die Brechungsverhältnisse 1,3465, und zwar sowohl die wässrige als die die grosse Augenkammer füllende gelatinöse Flüssigkeit, wofür ich im folgenden 4/3 setzen werde wie beim Wasser; ferner ist 1,4545 das Verhältnis für die Linse (zur Luft), wofür ich mit 3/2 rechnen werde wie beim Glase.[1])

Erstes Verfahren: Nach der bekannten Formel

$$\frac{1}{a} + \frac{n}{a_1} = \frac{n-1}{r}$$

ist für den Eintritt des Lichtes in die vordere Augenkammer zu schreiben

[1]) Eine andere Anwendung desselben Hülfssatzes findet sich bei CZAPSKI, *Theorie der opt. Instrum., Breslau 1893, S. 108;* desgl. in dem Citat aus RAYLEIGH, ebenda *S. 66.*

[1]) Das ist zutreffender als die gelatinöse Flüssigkeit „Glasflüssigkeit“ zu nennen, weil diese Bezeichnung eine mit der Optik im Widerspruch stehende Vorstellung wecken könnte. Wegen der Zahlen s. u. a. Ferraris' Buch, das ich in drei Abhandlungen vom Jahre 1889 und 1891 des bis dahin bestandenen „Repertoriums der Physik“ mehrfach benutzte.

$$\frac{1}{250} + \frac{4}{3a_1} = \frac{1}{3.8},$$

woraus $a_1 = 35{,}4$.

Für den Übertritt in die Linse kommt dann

$$\frac{1}{-31{,}4} + \frac{9}{8a_2} = \frac{1}{8.10},$$

woraus a_2, wenn ich den ersten Nenner zur leichteren Rechnung -32 sein lasse, nahe $= 26$ sich ergiebt; ohne diese Abänderung kommt 25,4 heraus.

Endlich drittens tritt der Strahl in die dem Volumen nach vorherrschende Masse ein; rechnet man weiter mit 26, so ist

$$\frac{1}{-22} + \frac{8}{9.a_3} = \frac{-1}{9.-6},$$

woraus $a_3 = 14$ hervorgeht; mit dem Nenner $-21{,}4$ statt -22 erhält man $a_3 = 13{,}6$ mm.

Also ist die ganze Länge des Auges in der optischen Axe 22 oder 21,6 mm, was mit Ferraris' Angabe nahe übereinstimmt.

Teilweise anderes Verfahren: Bezüglich der vorderen Augenkammer bleibt das Vorige; aber alsdann benutzt man die Linsenformel mit der Dicke Null

$$\frac{1}{b} + \frac{1}{b_1} = (n-1)\left(\frac{1}{r} + \frac{1}{r_1}\right).$$

Für diese muss die Objektweite gleich $= -a_1$ (s. oben) $+ 4 +$ diejenige Strecke gesetzt werden, welche vom vorderen Scheitelpunkte der Linse bis zum optischen Mittelpunkte derselben reicht. Denn da wollen wir uns die ideale Linse von der Dicke Null statt 4 denken. Dieser optische Mittelpunkt teilt letztere Strecke 4 im umgekehrten Verhältnisse der Linsenradien 10 und 6; also ist

$$b = -a_1 + 6{,}5 = -29,$$

da ich die obige Angabe für $a_1 = 31{,}5$ statt $-31{,}4$ sein liess. Folglich

$$\frac{1}{-29} + \frac{1}{b_1} = \frac{1}{8} \cdot \left(\frac{1}{10} + \frac{1}{6}\right),$$

oder $b_1 =$ nahezu 15.

Dieses b_1 ist aber vom optischen Mittelpunkte der Linse aus bis zur Netzhaut gezählt; obiges a_3 mit nahe 13,5 mm vom hinteren Scheitel der Linse aus, der genannte Mittelpunkt liegt aber $1^1/_2$ mm von dem genannten Scheitelpunkte, also stimmt die zweite Rechnung mit der ersten.

Welcher von beiden Wegen didaktisch vorzuziehen sei, mag als Geschmacksache ausser Streit bleiben. Ich ziehe den ersteren Weg, der mit einer einzigen Formel ausreicht, vor.[2])

Drittes Verfahren mit Berücksichtigung der Linsendicke 4 und der Knotenpunkte der Linse. Aus der ersten Formel, wenn man darin als Bildpunkt den optischen Mittelpunkt benutzt, erhält man den vorderen Knotenpunkt, der um k hinter dem vorderen Scheitel liegt. Also ist

$$\frac{1}{-k} + \frac{9}{8.2{,}5} = \frac{1}{8.10},$$

woraus $k = 16/7$ mm. Ebenso bestimme ich gleich die Lage des hinteren Knotenpunktes, der um k_1 vor dem hinteren Scheitel liegt, aus der Gleichung

$$\frac{1}{-k_1} + \frac{9}{8.1{,}5} = \frac{1}{8.6},$$

woraus $k_1 = 48/35$ mm; dass dieses Resultat 3/5 des vorigen sein muss, welches Verhältnis oben auch beim optischen Mittelpunkte vorkam, hätte man auch zur Bestimmung von k_1 mittels k benutzen können.

---

[2]) Im Leitfaden der Physik von v. Beetz-Henrici, dessen 11. Auflage vom Jahre 1893 erschien, ist diese Formel durch § 471, die Linsenformel durch § 472 gegeben, ohne dass im letzteren Paragraphen der vorige benutzt worden wäre, was doch so nahe lag. Über die 10. Auflage enthält meine in Anmerkung 1 genannte Abhandlung vom Jahre 1891 die Anmerkungen 4—6 zu § 474 des Buches, welche aber in der 11. Auflage unbenutzt blieben.

Nun zur Brennweite der Linse:

$$p = \frac{n}{n-1} \cdot \frac{r_1 r_2}{n(r_1 + r_2) - (n-1)d} = 9 \cdot \frac{60}{18 - 0{,}5} = \frac{216}{7}, \text{ nahe } 31.$$

Man kann jetzt wiederum die gewöhnliche Linsenformel gebrauchen,

$$\frac{1}{c} + \frac{1}{c_1} = \frac{1}{31},$$

nur dass jetzt die Objektweite sich bis zum vorderen Knotenpunkte erstreckt und die Bildweite beim hinteren Knotenpunkte anfängt.

Setzt man $c = -31{,}4 + 16/7 = -31{,}4 + 2{,}3 = -29$ nahezu, so wird

$$c_1 = \frac{31 \cdot 29}{60} = \frac{900}{60} = \text{nahezu } 15.$$

Davon geht ab 48/35 oder nahezu 1,4, so dass 13,6 die Entfernung des hinteren Scheitelpunktes bis zur Netzhaut wird wie oben.

Die dritte Methode, die am meisten Vorkenntnisse erheischt, kann für den Unterricht ausser Acht bleiben. Ähnlich lautete mein Schluss auch vor drei Jahren in der genannten Abhandlung. Will man aber die letzte Formel, die auch aus der ersten leicht abgeleitet wird, hereinziehen, so lasse man wenigstens die „Hauptpunkte" beiseite oder, mit anderen Worten, mit den Knotenpunkten zusammenfallen, indem man, wenn die Linse von zweierlei Medien berührt wird, das erste Medium von der Dicke Null zwischen die Linse und das zweite resp. dritte Medium in Gedanken einschiebt.

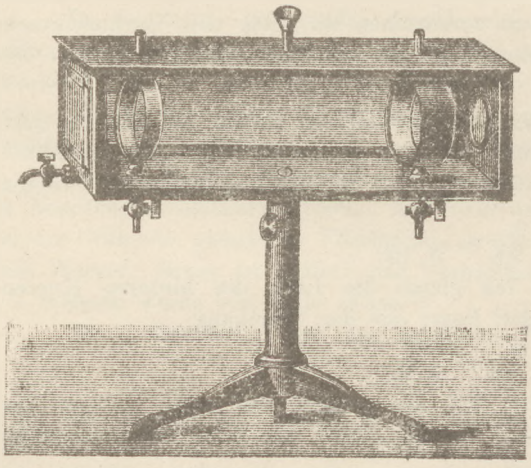
Zusatz: Würde der leuchtende Punkt im Unendlichen angenommen, so rückte das Bild der Linse um nur 1 mm näher. *Prof. Dr. Kurz, Augsburg.*

Kleine Mitteilungen.

Ein Apparat zur Demonstration der Linsenwirkung mit Vorrichtung zur Vertauschung der Medien von Linse und Umgebung.

Von Professor Dr. **K. Haas** in Wien.

In ein prismatisches Gefäss sind zwei Hohllinsen (eine Biconcavlinse und eine Biconvexlinse) eingesetzt, welche oben und unten röhrenförmige Ansätze tragen, die durch den Deckel resp. den Boden des Gefässes hinausragen. Die durch den Boden gehenden Röhren sind durch Hähne verschliessbar. Durch den Deckel können Trichter zum Füllen der Linsen eingesetzt werden. Von den Seitenwänden des Gefässes sind die beiden längeren aus Glas, die Querwände hingegen undurchsichtig, aber mit Fenstern zum Eintritt resp. Austritt des Lichtes versehen. Vor den Fenstern befinden sich Falze zum Einsetzen von adiathermanen Gläsern. Das prismatische Gefäss ist auf einem Dreifuss aus Metall drehbar befestigt. Am Boden des Gefässes ist eine Ablassröhre mit Hahn angebracht.



Beim Gebrauche werden die Linsen mit lichtbrechender Flüssigkeit gefüllt. In das Gefäss wird Rauch eingeblasen und sodann der Deckel aufgesetzt. Lässt man nun durch die Fenster in den Querwänden Licht eintreten, so wirkt natürlich die Biconvexlinse als Zerstreuungslinse. Hierauf hebt man den Deckel ab, öffnet die Hähne an den Röhrenansätzen (natürlich nachdem man Gefässe zum Auffangen der Flüssigkeit untergestellt hat) und füllt das Gefäss mit der betreffenden Flüssigkeit. Man hat nun Linsen aus Luft in einem flüssigen, stark brechenden

Medium. Nun wirkt, wie man an den Lichtkegeln bemerkt, die Biconvexlinse als Zerstreuungslinse, die Biconcavlinse als Sammellinse. Diese Wirkung lässt sich aus der Linsenformel

$$\frac{1}{g} + \frac{1}{b} = (n-1)\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}\right), \quad n > 1,$$

worin g Gegenstandsweite, b Bildweite, n Brechungsexponent, r_1, r_2 Trennungsradien der Linse sind, voraussagen, wenn n mit $1/n$ vertauscht wird, d. h. physikalisch, wenn die Medien von Linse und Umgebung vertauscht werden. Der Faktor $(n-1)$ ändert dann sein Zeichen. War die rechte Seite positiv, so wird sie bei dieser Änderung negativ und umgekehrt.

Der Apparat kann auch gebraucht werden, um darzuthun, dass die Brechungsexponenten bei verschiedenen Gasen verschieden sind. Für diesen Fall muss natürlich für einen Verschluss an den oberen Ansatzröhren gesorgt werden.

Angefertigt wurde der Apparat bei der Firma Alois Pichlers Witwe & Sohn (Wien, V, Margaretenplatz 2).

Zur elementar-mathematischen Bestimmung der Trägheitsmomente homogener ebener Flächen.

Von Professor **R. Henke** in Dresden.

Die von Herrn Prof. Weinmeister angegebene Bestimmung von Trägheitsmomenten (d. Zeitschr. *VI 402, 1891*) lässt sich systematisch verallgemeinern, wenn man das Verfahren anwendet, das Weisbach (*Lehrbuch der theoretischen Mechanik, 4. Aufl., Braunschweig 1862, S. 402*) zur elementaren Berechnung von Biegungsmomenten benutzt hat. Es würde sich in folgender Weise verwenden lassen.

Eine beliebig begrenzte ebene Fläche werde auf eine in ihrer Ebene liegende, die Begrenzung nicht schneidende Axe bezogen. Hat ein Flächenelement f den Abstand r von dieser Axe, so lässt sich sein Trägheitsmoment, bezogen auf die Axe, schreiben

$$fr^2 = 2 \cdot fr \cdot {}^1/_2 r.$$

fr ist das Volumen eines Cylinders (Prismas) von der Grundfläche f und der Höhe r, $fr \cdot {}^1/_2 r$ also das statische Moment desselben bezogen auf die Grundfläche. Es ist also das Trägheitsmoment der ganzen Fläche (Dichtigkeit ε)

$$J = \varepsilon \Sigma fr^2 = 2\,\varepsilon \Sigma (fr \cdot {}^1/_2 r) = 2\,\varepsilon V x,$$

wenn V das Volumen eines Cylinders bedeutet, dessen Grundfläche die gegebene Fläche ist und der von der Axe aus durch eine Ebene, die einen Winkel von 45° mit der Ebene der Fläche bildet, abgeschnitten wird. x ist der Abstand des Schwerpunktes dieses abgeschrägten Cylinders von der Grundfläche, $\varepsilon V x$ also das statische Moment des Körpers bezogen auf die Ebene der gegebenen Figur. Sind also V und x bekannt oder gelingt es, das statische Moment elementar zu bestimmen, so ist das gesuchte Trägheitsmoment das Doppelte dieses statischen Momentes.

Schneidet die Momentenaxe die Begrenzung der ebenen Figur, so muss der auf ihr als Grundfläche errichtete Cylinder nach beiden Seiten durch Ebenen unter dem Neigungswinkel von 45° abgeschnitten werden. Ist die Momentenaxe normal zur Fläche, so ist der Cylinder durch eine Rotationskegelfläche auszuhöhlen, deren Spitze der Fusspunkt der Momentenaxe und deren Seitenlinien mit der Fläche Winkel von 45° bilden.

Beispiele: 1) Eine Gerade von der Länge l bildet mit der Momentenaxe den Winkel α. Der Cylinder reduziert sich auf eine Dreiecksfläche mit der Grundlinie l und der Höhe $l \sin \alpha$, der Schwerpunktsabstand ist ${}^1/_3\, l \sin \alpha$, folglich

$$J = 2 \cdot {}^1/_2\, \varepsilon l^3 \sin \alpha \cdot {}^1/_3\, l \sin \alpha = {}^1/_3\, m l^2 \sin^2 \alpha,$$

wenn $\varepsilon l = m$ als Masse der Geraden betrachtet wird.

2) Eine Rechteckfläche, Inhalt F, Höhe h, Momentenaxe die Grundlinie. Das auf der Fläche F stehende schief geschnittene Prisma hat das Volumen ${}^1/_2 Fh$, der Schwerpunktsabstand ist ${}^1/_3\, h$, mithin:

$$J = 2 \cdot {}^1/_2\, \varepsilon Fh \cdot {}^1/_3\, h = {}^1/_3\, m h^2, \quad \varepsilon F = m.$$

3) Eine Dreiecksfläche, Inhalt F, Höhe h, Momentenaxe die Grundlinie. Das schief geschnittene Prisma ist ein Tetraeder mit der Grundfläche F und der Höhe h; der Schwerpunktsabstand ist $^1/_4\,h$, also:

$$J = 2\,.\,{}^1/_3\,\varepsilon F h\,.\,{}^1/_4\,h = {}^1/_6\,m h^2,\quad \varepsilon F = m.$$

4) Eine Kreisfläche, Radius r, Momentenaxe normal zur Fläche durch den Mittelpunkt des Kreises. Das Volumen des kegelförmig ausgehöhlten Cylinders ist $^2/_3\,\pi r^3$, der Schwerpunktsabstand $^3/_8\,r$, daher ist

$$J = 2\,.\,{}^2/_3\,\varepsilon\pi r^3\,.\,{}^3/_8\,r = {}^1/_2\,m r^2,\quad \varepsilon\pi r^2 = m.$$

Ist der Schwerpunkt des schief geschnittenen Cylinders (Prismas) nicht ohne weiteres bekannt, so hat man das statische Moment des Körpers mit Hilfe des Momentensatzes zu ermitteln.

Z. B. 5) Eine Dreiecksfläche bezogen auf eine Axe, von der die Seitenmitten die Abstände μ_1, μ_2, μ_3 haben. Nach der Ableitung von Weinmeister (a. a. O.) ist das statische Moment des schief geschnittenen Prismas $^1/_6\,m\,(\mu_1^2 + \mu_2^2 + \mu_3^2)$, folglich das Trägheitsmoment

$$J = {}^1/_3\,m\,(\mu_1^2 + \mu_2^2 + \mu_3^2),$$

wovon Beispiel 3 leicht als besonderer Fall erkannt wird.

Ein optischer Demonstrationsapparat.

Von Dr. **K. W. Neumann**, Professor am Gymnasium in Barmen.

Es sei in Fig. 1 O der optische Mittelpunkt, f die Brennweite einer biconvexen Linse, A ein leuchtender Punkt in der Axe und A_1 auf der anderen Seite der Linse sein reelles Bild. Nimmt man an, die Verlängerungen eines von A in die Linse eintretenden und des zugehörenden nach A_1 austretenden Strahles schnitten sich im Punkte C des Durchmessers der Linse, und setzt $CO = h$,

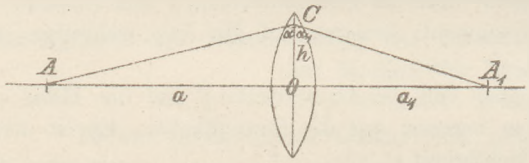


Fig. 1.

$$AO = a \qquad A_1O = a_1$$
$$ACO = \alpha \qquad A_1CO = \alpha_1,$$

so ist

$$ctg\,\alpha = \frac{h}{a} \qquad ctg\,\alpha_1 = \frac{h}{a_1}$$

$$ctg\,\alpha + ctg\,\alpha_1 = \frac{h}{a} + \frac{h}{a_1} = h\left(\frac{1}{a} + \frac{1}{a_1}\right) = \frac{h}{f}.$$

Für reelle Bilder ist also die Summe der Cotangenten der Winkel α und α_1 eine constante, nur von h und f abhängige Grösse. Es ist daher auch die Summe der Winkel α und α_1 selbst innerhalb gewisser Grenzen annähernd constant oder es bilden für den Punkt C je zwei zusammengehörende Strahlen stets fast denselben Winkel.

Berechnet man einige, auch für den folgenden Apparat besonders passende Werte von $ACA_1 = \alpha + \alpha_1$ für $h = 8$, $f = 15$, so erhält man

a	a_1	α	α_1	$\alpha + \alpha_1$
40	24	78° 41′ 25″	71° 33′ 54″	150° 15′ 19″
35	26,25	77° 7′ 30″	73° 3′ 16″	150° 10′ 46″
30	30	75° 4′ 7″	75° 4′ 7″	150° 8′ 14″
25	37,5	72° 15′ 19″	77° 57′ 26″	150° 12′ 45″
20	60	68° 11′ 59″	82° 24′ 19″	150° 36′ 18″

Während also $a + a_1$ sehr verschiedene Werte hat, beträgt der Unterschied zwischen dem grössten und dem kleinsten der berechneten Werte von $\alpha + \alpha_1$ nur 0° 28′ 4″. Ihr mittlerer Wert ist 150° 16′ 40″.

Auf diesen Berechnungen ist ein höchst einfacher Apparat zur Demonstration der Brechung des Lichtes in convexen Linsen begründet. Auf einer schwarzen Tafel mit Fuss sind zwei unter einem Winkel von 150° (genauer $150^1/_4$°) fest mit einander verbundene Stäbe

um den Scheitelpunkt drehbar. Eine Längslinie in der Mitte derselben giebt den einfallenden und den gebrochenen Strahl an. Vor der Tafel steht in geringer Entfernung eine schwarze Metallplatte von gleicher Länge aber kleinerer Höhe, deren oberer weisser Rand die Axe vorstellt und in Abschnitte von 5 cm eingeteilt ist. Der Abstand des Scheitelpunktes des Winkels von 150° von der Axe ist $h = 8$ cm. In der Mitte der Axe ist der Durchschnitt einer biconvexen Linse von 15 cm Brennweite befestigt, um deren Mittelpunkt ein Stab mit zwei beweglichen und verschiebbaren Pfeilen gedreht werden kann. Die Enden der letzteren können durch die Metallplatte verdeckt werden. Stellt man die Enden der beiden mit einander fest verbundenen Stäbe hinter die Platte, so geben die Durchschnittspunkte der beiden Strahlen mit der Axe die Lage des leuchtenden Punktes und seines Bildes an.[1]) Dreht man nun den dritten durch die Mitte der Linse gehenden Stab und stellt die Pfeile auf die Durchschnittspunkte ein, so wird die relative Grösse des Bildes eines Gegenstandes angegeben.

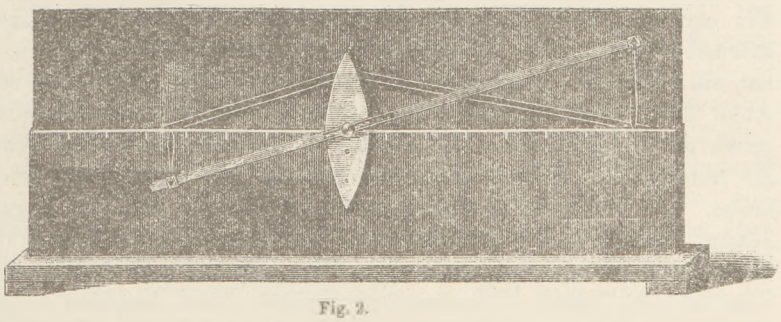


Fig. 2.

Die Abhängigkeit der Richtungen des einfallenden und des austretenden Strahles von einander, ihre grössere oder kleinere Divergenz und Convergenz gegen die Axe, der Übergang aus der einen Richtung in die andere, die Veränderungen in der Lage eines leuchtenden Punktes und seines Bildes, die relative Grösse des Bildes eines Gegenstandes in den verschiedenen Lagen können durch die Drehung der Stäbe in der einfachsten Weise veranschaulicht werden. Hierdurch wird in dem Schüler mit einem Blick eine deutliche Vorstellung unmittelbar hervorgerufen und viel schneller und leichter als durch eine mündliche Erörterung oder durch Zeichnung ein klares und sicheres Verständnis erreicht.

Der beschriebene Apparat wie auch ein ähnlicher für die Reflexion an sphärischen Spiegeln sind in der mechanischen Werkstatt von G. LORENZ in Chemnitz sehr zweckmässig und gut ausgeführt und können von dort bezogen werden.

Bemerkungen über die Ursache der Kurz- und Weitsichtigkeit.

Von Dr. **L. Fernbach** in Friedenau bei Berlin.

In einer grossen Anzahl physikalischer Lehrbücher wird die Ursache der Kurz- bezw. Weitsichtigkeit des menschlichen Auges entweder in wahrheitswidriger oder zum mindesten in sehr unklarer und daher irreführender Weise angegeben. Der Gegenstand hat für den Lehrer der Physik, der im optischen Unterricht das Auge und seine häufig vorkommenden Mängel besprechen muss, ein genügendes Interesse, um hier einer kurzen Auseinandersetzung wert zu erscheinen. In den Lehrbüchern von Müller-Pouillet, Koppe, Jochmann-Hermes u. v. a. wird die Erklärung der Kurz- bezw. Weitsichtigkeit darin gefunden, dass das Bild des Gegenstandes wegen abnormer Krümmungsverhältnisse der Linse vor bezw. hinter der Netzhaut zu Stande kommt. Nach dem Wortlaut dieser Erklärung müsste die Ursache jener Mängel des Auges im Bau der Linse oder in ihrer zu geringen Accommodationsfähigkeit liegen. So werden auch im allgemeinen, wie Schreiber dieses durch Umfragen bei Kollegen festgestellt, diese Auseinandersetzungen aufgefasst. Nichts-

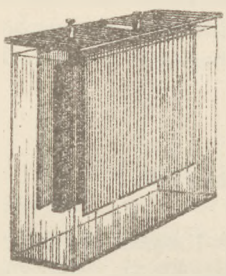
[1]) Bei Versuchen ist es einfacher 5 cm als Einheit und daher $f = 3$ zu setzen. Man erhält dann durch Rechnung für a und a_1 die zusammengehörenden Werte 8 und $4^4/_5$, 7 und $5^1/_4$, 6 und 6 u. s. w., welche den Durchschnittspunkten am Apparat genau entsprechen. (Die Figur ist bezüglich dieses Punktes nicht ganz genau.)

destoweniger ist diese Auffassung falsch, wovon man sich leicht an der Hand jedes beliebigen Lehrbuches der Physiologie oder der Augenheilkunde überzeugen kann.[1]) Nach den unten genannten Werken beruht die Kurz- bezw. Weitsichtigkeit vielmehr in Folgendem. Ein normal gebauter Augapfel hat (abgesehen von dem Hervortreten der Hornhaut) vollkommene Kugelgestalt; eine horizontal gedachte, von vorn nach hinten gerichtete Achse hat etwa dieselbe Länge wie eine vertikal gedachte Achse. Bei solchem (emmetropischen) Auge fällt, wenn es nicht accommodiert, das Bild eines unendlich fernen Gegenstandes genau auf die Netzhaut. Bei stärkster Accommodation für die Nähe werden noch Strahlen, die aus 14—16 cm Entfernung kommen, auf der Netzhaut zu einem deutlichen Bilde vereinigt. Im Falle der Kurzsichtigkeit (Myopie) ist nun der Augapfel nicht mehr gleichachsig, sondern nach hinten gestreckt; die horizontale Achse ist länger als die vertikale, Daher fällt im myopischen Auge der Vereinigungspunkt der Strahlen im Bildraume nicht mehr auf die Netzhaut, sondern vor dieselbe, ohne dass eine Abnormität der Krümmungsverhältnisse der Linse vorhanden zu sein braucht. Im Falle der Weitsichtigkeit (Hyperopie) ist dagegen der Augapfel von vorn nach hinten verkürzt; die vertikale Achse ist länger, als die horizontale. Bei ganz normaler Brechung durch die Linse muss also der Vereinigungspunkt den Bildstrahlen im hyperopischen Auge hinter die Netzhaut fallen. Im ersteren Falle hilft eine Concav- im letzteren eine Convex-Brille dem Übel ab.

Zuweilen kann, und zwar besonders bei myopischen Augen, auch die zu starke Krümmung der Linse und öfter noch der Hornhaut eine Rolle spielen, aber dieser Fall tritt verhältnissmäsig selten auf.

Für die Praxis.

Das Cupron-Element. Von W. Weiler in Esslingen. Einsender hat schon im Jahr 1884 längere Zeit Versuche mit dem Lalande- oder Kupferoxyd-Alkali-Elemente angestellt, um es sowohl zum Primär- als Sekundärelement auszubilden. Er hat daher die Versuche Edisons und Böttchers verfolgt, welche dahin zielten, das Kupferoxyd zu Platten zu formieren. Am Ende vorigen Jahres bezog er das Cupron-Element der elektrotechnischen



Fabrik von Umbreit und Matthes in Leipzig und prüfte es auf die Angaben der Fabrik; dieselben bestätigten sich. Auf die Ampère-Stunde wurden ca. 1,25 g Zink und 3 g Ätznatron verbraucht. Die Kupferoxydplatten hängen zwischen zwei amalgamierten Zinkplatten in rechteckigen Gläsern, sie liefern Strom, bis das Kupferoxyd reduziert ist; dieses oxydiert sich aber wieder nach Abwaschen und Trocknen an einem warmen Orte. Die normale Spannung beträgt 0,8 Volt und die Kapazität eines Elementes kleinster Sorte ca. 30 Ampère-Stunden. Der innere Widerstand ist gering, in der Ruhe findet kein Materialverbrauch statt, die Lösung ist geruchlos und die Wiederladung also sehr einfach.

Einsender hat am 2. Januar ein solches Element mit 10 Ohm Widerstand geschlossen; trotz der andauernden Kälte ist es erst bis 12. März auf die halbe Stromstärke gefallen, während die Stromstärke in den besten Trocken-Elementen schon in ca. 40 Tagen auf die Hälfte sinkt.

Der Preis eines kleinen Elementes ist 5 Mark. Mit fünf solchen Elementen lassen sich alle Versuche durchführen, die im gewöhnlichen Unterricht angestellt werden. Sie sind daher insbesondere für kleinere Anstalten mit beschränkten Mitteln zu empfehlen. Der Lehrer hat lange Zeit keine andere Mühe damit, als die Kiste ins Lehrzimmer tragen zu lassen. Überdies können diese Elemente noch zur vorübergehenden Beleuchtung von Vorsälen, zum Betrieb von Mikrophonen, Telephonen und für kleinere galvanoplastische Anstalten dienen.

[1]) z. B. H. Schmidt-Rimpler, *Augenheilkunde und Ophthalmoscopie, Braunschweig 1886 S. 66 ff* oder L. Landois, *Lehrbuch der Physiologie des Menschen, Wien und Leipzig 1887. S. 861 ff.*

Berichte.

1. Apparate und Versuche.

Ein Heliotrop. Von Dr. R. MAURITIUS. *Progr. No. 703. Gymn. Coburg, 1894.* Der Apparat soll hauptsächlich dazu dienen, nach entfernten Punkten einen kräftigen Sonnenreflex zu werfen. In eine Messingröhre von fast 66 cm Länge ist als Objektiv ein auf 2 cm Durchmesser verkleinertes planconvexes Brillenglas von 62 cm Brennweite eingesetzt. Als Okular dient eine planconvexe Linse von 4 cm Brennweite; dahinter ist ein Fadenkreuz. Das Rohr wird mit einer Baumschraube befestigt oder auf einem Stativ gebraucht und nach dem Punkt der Gegend gerichtet, nach welchem man Licht geben will. Zwischen Rohr und Spiegel besteht keine Verbindung. Der benutzte Spiegel misst etwa 40 cm im Quadrat (also 1600 qcm gegen etwa 50 qcm beim Steinheilschen Heliotrop) und hat in der Mitte eine von der Belegung befreite Stelle. Er wird so gerichtet, dass das dicht hinter ihm befindliche Auge dasjenige der beiden Sonnenbildchen, welches von der belegten Glasfläche herrührt, genau im Fadenkreuz erblickt, welches auf den bestimmten Punkt der Gegend eingestellt war. Man nimmt das Fadenkreuz kräftig und schützt das Auge durch ein farbiges Glas. Fig. 1 zeigt, wie die Drehbarkeit des immerhin schon etwas schweren Spiegels bewirkt ist. Auf dem Holzrahmen sind an der Rückseite zwei Leisten L und L' angeschraubt, um einen Bügel BB' mit geringer Weite zur Herstellung der Drehungsaxe AA' anwenden zu können. Ein Glasrohr G ($^3/_8$ engl.) ist bei U eingeschraubt, und mit seinem Gewinde ist die Drehung im Azimut ermöglicht. An dem Bügel und an G sind noch zwei Schrauben (hier nicht gezeichnet) angebracht, mit denen eine sanfte Verschiebung möglich ist, so dass man der Sonne folgen kann, ohne die Lichtgebung zu unterbrechen. Das Rohr G wird von einem Stativ getragen. Bei der beschriebenen Construktion wird also das einmal eingestellte Fernrohr nicht wieder berührt. Der dahinter stehende Spiegel ist in seiner Bewegung unabhängig vom Rohr, so dass man ihm für stationäre Einrichtungen beliebige Grösse geben und über enorme Lichtmengen verfügen kann. Da dem Vernehmen nach in der Armee dem Heliotrop wieder mehr Aufmerksamkeit geschenkt wird, so weist Verfasser noch darauf hin, dass nötigenfalls auch ein gewöhnliches Fernrohr für den obigen Zweck verwandt bezw. umgewandelt werden kann.

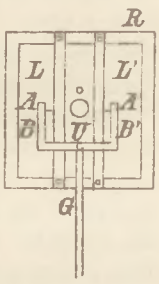


Fig. 1.

Eine schiefe Ebene zu Präcisionsversuchen. Von Dr. R. MAURITIUS. *Progr. No. 703. Gymn. Coburg, 1894.* Die hochpolierten tadellosen Stahlkugeln, welche in den Lagern der Fahrräder verwendet werden und die schon ohne ausgesucht zu sein sich nicht um 5 mg im Gewicht unterscheiden, benutzt der Verfasser in Verbindung mit den Klaviersaiten, die sich ebenfalls durch hohe Politur und gleichmässige Beschaffenheit auszeichnen, zu nachstehenden Versuchen auf der schiefen Ebene

Auf einem schmiedeeisernen Träger von 8 cm Höhe und etwa 2,20 m Länge ist ein Bohlenstreifen von 10 cm Breite und 3 cm Stärke mit zahlreichen Schrauben und Muttern aufgezogen, so dass er sich nicht verziehen kann. Die beiden Enden sind in Fig. 1 und 2 gezeichnet. Vier Paare starker Klaviersaiten sind auf starker eiserner Unterlage an den Haken zwischen H und H' eingehängt (Fig. 1),

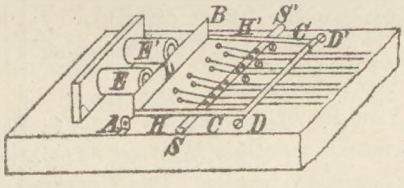


Fig. 1.

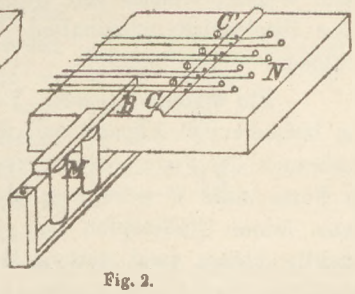


Fig. 2.

laufen an den Stiften in dem Steg SS' vorbei über den zweiten Steg (Fig. 2) und werden durch die Stimmnägel bei N wie bei einem Klavier gespannt. Um die Zwischenräume

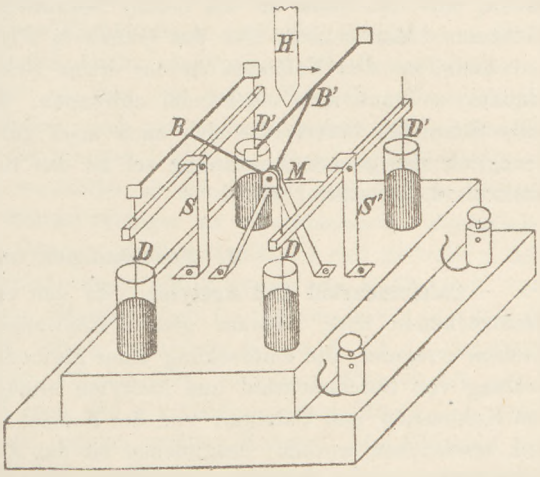
zwischen den Saiten genau zu regulieren, benutzt man die zwischen C und C' angedeuteten Schrauben, deren Hals konisch ist.

Auf diesen Saiten nun sollen die Stahlkugeln laufen und müssen auf elektrischem Wege losgelassen werden können. Sie liegen deshalb hinter der polierten Stahlnadel DD' in Fig. 1, welche durch Schrauben gerade so hoch gestellt ist, dass sie den Kugeln eben noch das Abrollen verwehrt. Die Nadel ist mit der Eisenlamelle L verbunden, die um die Axe AB drehbar ist und schräg vor den Polen von E und E' steht, so dass DD' durch seine Schwere auf den Stützpunkten aufliegt. Die erregten Elektromagnete ziehen L an und DD' hebt sich. Die Horizontalstellung des Apparats, welcher auf eisernen, in das Mauerwerk eingelassenen Trägern ruht, bewirkt man am besten durch eine mit Gummischlauch und zwei Glasröhren von gleicher Weite mit zwei Retortenhaltern auf die ganze Länge hergestellte Wasserwage, welche mit der unteren Wasserkuppe beim Visieren in der Ebene der acht Drähte die Wahrnehmung von Teilen des Millimeters gestattet. (Gegen die Anwendung einer auch genau rektifizierten Libelle von grosser Empfindlichkeit lassen sich Einwände erheben.) An der Unterseite des T-Trägers sind an den Enden starke Brettstücke angeschraubt, welche die Stellschrauben von 1,5 mm Ganghöhe tragen. Die einzeln stehende davon hat eine Trommel, um kleine Teile der Drehung abzulesen. Der Apparat ruht auf Stücken Spiegelglas, und die Schiefstellung wird durch Wegnahme von Platten unter der Stellschraube und mit dieser bewirkt. Die Dicken der Platten sind mit dem Mikrometer gemessen. Der elektrische Strom wird durch ein sogleich zu beschreibendes Pendel (s. u.) geschlossen und lässt sowohl DD' sich heben, als auch ein kurzes Glockenzeichen ertönen. Wenn nun die abrollende Kugel am Ende der Bahn in Fig. 2 an ein in gemessener Entfernung aufgestelltes Hindernis anschlägt, so besteht die Aufgabe des Beobachters darin, die Höhe der schiefen Ebene derart zu verändern, dass genau ein Schlag des Pendels mit dem Anschlag der Kugel an dem Kugelfang zusammenfällt. Es wird demnach an dem Prinzip festgehalten, die vollen ganzen Sekunden der Beobachtung zu Grunde zu legen und nur die Höhe der schiefen Ebene zu ändern, die sich sehr genau messen lässt; dagegen den zurückgelegten Weg unverändert zu lassen und namentlich nicht zu Mitteln nach einer genauen Messung von Bruchteilen der Zeit zu greifen.

Um die Beobachtung von der Unvollkommenheit des menschlichen Wahrnehmungsvermögens zu befreien, ist die Coincidenz mechanisch zur Darstellung gebracht. Zu diesem Zweck zieht in Fig. 2 mit jedem Sekundenschlag der Elektromagnet M den Blechstreif B nieder. Für den Anfang richtet man es so ein, dass die Kugel gerade schon hindurch ist, wenn dies geschieht, und vermindert darauf die Neigung der schiefen Ebene, bis die Kugel von dem Blechstreif eben aufgehalten wird. Für verschiedene Neigungswinkel und verschiedene Sekundenzahlen erhält man dann aus zwei Beobachtungen zwei Gleichungen, aus denen sich Beschleunigung und Reibungscoefficient ergeben. — Die vier Drahtbahnen dienen erstens dazu, die Empfindlichkeit des Apparats dadurch zu prüfen, dass die vier Kugeln gleichzeitig die Bahn durchlaufen, dann aber noch dazu, um sie nach Wegen, welche den Quadraten der Sekundenzahlen entsprechen, durch vorgeschobene Hindernisse aufzuhalten. Alsdann erfolgt der Anschlag an diese mit den Sekundenschlägen.

Ein Stromschliesser. Von Dr. R. Mauritius. *Progr. No. 703. Gymn. Coburg, 1894.* Im beistehenden Apparat soll die Unzuverlässigkeit der Quecksilbercontakte und der Kraftverbrauch der Federcontakte vermieden werden. Der Hauptteil ist ein dünner aber steifer in Form eines V gebogener Messingdraht, welcher sich in labilem Gleichgewicht mittels ganz feiner Stahlzapfen bei M dreht. An den Drahtenden bei B und B' sind rechtwinklig hierzu zwei weitere Messingdrähte angelötet, welche an den Enden kleine quadratische Platinbleche tragen. Dies V wird vom schwingenden Pendel abwechselnd nach rechts und links geworfen. In der Figur ist der Moment gezeichnet, wo der Bügel auf der linken Seite ruht. Man sieht die Platinplättchen auf den Platindrähten D und D'

aufliegen. Letztere gehen durch einen zierlichen Wagebalken aus Ebonit, der von dem Träger S gehalten wird, und tauchen immer tief in das Quecksilber in den Gläschen ein und schliessen so einen Strom, der in zwei Klemmschrauben zugeführt wird, die links nicht sichtbar sind, aber genau den rechts gezeichneten entsprechen. Bewegt sich die Pendelstange H nach rechts, so wirft sie zuerst den Bügel B' nach rechts hinüber auf die Platindrähte D und D', geht bis zur Vollendung der Amplitude über den kein Hindernis mehr bildenden Bügel B' weiter nach rechts, um bei der Rückkehr den durch das Herumwerfen von B' bereits aufgerichteten Bügel B anzutreffen, welcher den Stoss der Pendelstange erwartet, um durch denselben wieder nach links geworfen zu werden. Der kleine Wagebalken aus Ebonit hat den Zweck, einen sicheren Contakt herbeizuführen. Denn käme z. B. die vordere Platinplatte einen Moment früher auf dem Ende des Drahtes D an, so würde dadurch der nach hinten gelegene Arm sogleich gehoben werden und somit die darüber befindliche Platinplatte mit dem Ende von D' sicher in Berührung kommen. Der Contakt erfolgt mit einer gewissen Energie. Hervorzuheben ist, dass trotz der Anwendung von Quecksilber doch von keinem Quecksilbercontakt die Rede ist, sondern nur Platin mit Platin in Berührung kommt. Das Pendel, dessen normal zur Stange gestellte Linse etwa 8 kg wiegt, hängt in Federn und schwingt halbe Sekunden. Wenn man ein Pendel, welches ganze Sekunden schlägt, zu einem elektrischen Stromschluss einrichtet, so kann man damit genau nur Intervalle von 2 Sekunden erhalten, weil eine Doppelschwingung dazwischen liegen muss, wenn man den Contakt in derselben Phase wieder eintreten lassen will.



Bei diesen Versuchen wird der Stromschluss nur auf einer Seite verwendet. Der Strom erregt die Elektromagnete der vorher beschriebenen schiefen Ebene, giebt ausserdem Glockenzeichen an einem kleinen, gewöhnlichen Läutewerk, dessen Selbstunterbrechung ausgeschaltet ist, und treibt zugleich in Parallelschaltung mit ausgleichendem Widerstand ein elektrisches Zählwerk, welches zur Vergleichung des Pendels mit einer guten Pendeluhr sehr bequem ist und die Richtigkeit der Sekunden verbürgt.

Ein Fallraummesser. Von Dr. R. Mauritius. *Progr. No. 703. Gymn. Coburg, 1894.* Um den Ungenauigkeiten, die mit der Atwoodschen Fallmaschine verbunden sind, sowie den Schwierigkeiten anderer Methoden zur Bestimmung der Fallgeschwindigkeit zu entgehen, schlägt Verfasser vor, das ursprüngliche Problem direkt zu lösen und den Fallraum in der ersten Sekunde wirklich zu messen. In der nebenstehenden Fig. 1 wird die fallende Kugel K in dem Ring R durch die drei Spitzen S, S' und S'' gerade am Fallen verhindert. Die Spitze S kann durch die Elektromagnete EE' zurückgezogen werden und die Kugel fällt. Unten fällt sie — nebensächliche Anordnungen sind weggelassen — auf die Feder F und drückt die Spitze S nieder. Der darunter befindliche, mit dem in Fig. 1 gebrauchten in allen Stücken ganz identische Elektromagnet, Fig. 2, wird momentan genau mit dem zweiten Sekundenschlag angezogen und dadurch unter S gebracht. Trifft die Spitze von S in diesem Augenblick auf das Platinplättchen beim Anker A, so wird ein besonderer Strom zwischen B und B' geschlossen,

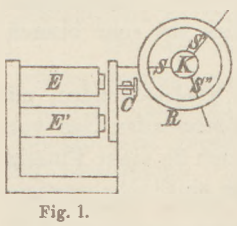


Fig. 1.

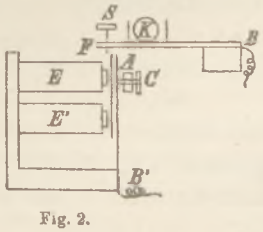


Fig. 2.

und ein Glockenzeichen ertönt. Wenn aber die Kugel K einen Augenblick früher ankommt, der Fallraum also noch zu klein ist, so schlägt der Anker, ohne Contakt zu bilden, mit der Seite an die bereits heruntergegangene Spitze, und das Glockenzeichen bleibt aus. Man schiebt also das Ganze in Fig. 2 etwas abwärts, bis die Glocke klingt, und findet so den Fallraum in der ersten Sekunde direkt. Findet man die 5 m zu unbequem, so kann man ein Pendel anwenden, das mit dem Stromschliesser Fig. 3 genau halbe Sekunden liefert, die sich auch noch gut mit der Pendeluhr controlieren lassen. — Bezüglich der ganzen Anordnung sei an das Klimpertsche Verfahren erinnert (vgl. die Notiz in d. Zeitschr. *V 166*). *O.*

2. Forschungen und Ergebnisse.

Calciumcarbid und Acetylen. Zu den vielen überraschenden Erfolgen der modernen Elektrochemie tritt, überaus grosse Hoffnungen in technischen und wissenschaftlichen Kreisen erregend, die Entdeckung einer Methode, welche im Grossbetrieb eine billige Herstellung von Calciumcarbid und Acetylen ermöglicht. Der erstere Stoff, eine Verbindung von Kohlenstoff und Calcium, von der Formel CaC_2, ist schon 1862 von Wöhler erhalten und beschrieben worden; desgleichen ist das Acetylen C_2H_2 längst bekannt; jedoch haben beide bisher wenig Beachtung gefunden. Die neue Darstellungsweise verdanken wir den Herren Moissan und Thomas L. Willson. Ein Gemisch von gebranntem Kalk und gepulverter Kohle, welche letztere in der Form von Russ, Steinkohle, Holzkohle u. s. w. genommen werden darf, werden im Moissanschen oder noch besser im Willsonschen elektrischen Ofen der durch einen Strom von 4000 bis 5000 Amp. hervorgebrachten Hitze unterworfen, (*C. R. 1894, t. CXVIII, p. 501 und 683*). Der Vorgang ist folgender:

$$CaO + 3\,C = CaC_2 + CO.$$

Der Willsonsche Ofen unterscheidet sich übrigens nicht wesentlich von anderen Modellen und ist nur derart abgeändert, „dass der Lichtbogen mit dem Teil des Gemenges, welches in Behandlung ist, in unmittelbarer Berührung steht, und dass überschüssige Kohle den heftigen Schwankungen des elektrischen Widerstandes vorbeugt.“ (*Elektrochem. Ztschr. 1895, S. 246*). Das Calciumcarbid entsteht in fast chemischer Reinheit als geschmolzene Masse, die beim Erkalten zu einem homogenen, krystallinischen, dunkelen, metallglänzenden Körper erstarrt, dessen sp. Gew. bei 18° C. 2,22 beträgt, und welcher in Lösungsmitteln entweder zersetzt wird oder unlöslich ist. Das Calciumcarbid ist an der Luft nicht brennbar, wird aber bei höherer Temperatur durch Oxydationsmittel leicht oxydiert; in Atmosphären der Halogene verbrennt es, und zwar im Chlor bei 245°, im Bromdampf bei 350° und im Joddampf bei 305°, desgleichen im Chlorwasserstoffgas unter Wasserstoffentwickelung. Fabrikmässig wird es in Spray (Nord-Carolina) von der „Willson Aluminium Company“ gewonnen.

Übergiesst man das Calciumcarbid mit kaltem oder warmem Wasser, welcher Vorgang mit dem Löschen des Kalks verglichen zu werden pflegt, so entsteht Acetylengas und Calciumhydroxyd nach folgendem Schema:

$$CaC_2 + 2\,H_2O = C_2H_2 + Ca\,(OH)_2.$$

Diese Darstellung des Acetylens wird ebenfalls schon technisch verwertet, insbesondere durch die amerikanische „Electric Gas Company,“ und liefert überdies ein sehr brauchbares Nebenprodukt, nämlich äusserst reinen gelöschten Kalk.

Wie schon lange bekannt, ist das Acetylen ein farbloses, sehr übelriechendes, mit rein weisser und äusserst heller, jedoch stark russender Flamme verbrennendes Gas vom sp. Gew. 0,92. Bei 1° C. und 48 Atmosphären Druck verdichtet es sich zu einer Flüssigkeit, die ähnlich wie flüssige Kohlensäure beim Ausfliessen teilweise zu einer schneeartigen Masse erstarrt. In chemischer Hinsicht ist es, infolge der in seiner Structurformel $\begin{matrix} C-H \\ \vert\vert\vert \\ C-H \end{matrix}$ zum Ausdruck kommenden dreifachen Kohlenstoffbindung, äusserst reaktionsfähig. Lässt man durch das mit Stickstoff gemischte Gas elektrische Funken schlagen, so entsteht Blau-

säure *HCN*. Leitet man dasselbe durch ammoniakalische Lösungen von Silber- oder Kupferoxydulsalzen, so bilden sich äusserst explosive Verbindungen; mit Chlor sowie mit atmosphärischer Luft giebt es bei gewissen Verhältnissen explosive Gemische; mit Brom und nascierendem Wasserstoff addiert es sich leicht, desgleichen mit Schwefelsäure.

Dieses Gas scheint nun bestimmt zu sein, in naher Zukunft auf verschiedenen Gebieten der Technik eine Rolle zu spielen, und tritt schon gegenwärtig — wenigstens in Amerika — in Wettbewerb mit dem elektrischen Licht und dem Leuchtgase. Vor dem letzteren hat es den dreifachen Vorzug, wohlfeiler zu sein, eine stärkere Leuchtkraft zu besitzen, und die Luft abgeschlossener Räume weniger zu verschlechtern. Bezüglich des Preises veröffentlicht die „Willson Alum. Comp." (*J. Frankl. 139, 72* und *Zeitschr. f. angew. Chemie 1895, S. 140*), dass nach ihren Erfahrungen 660 k gepulverte Kohle und 1100 k gepulverter gebrannter Kalk bei 180 elektr. Pferdekräften 1 t Calciumcarbid in 12 Stunden liefern. Die Kosten sind etwa folgende: 660 k gepulverte Kohle M. 11,—; 1100 k gepulverter gebr. Kalk M. 18,—; 180 elektr. Pferdekräfte, von einer Wasserkraft geliefert, M. 27,—; Arbeit M. 11,—; gesamte Kosten für 1 t Calciumcarbid M. 67,—. Hieraus berechnen sich die Kosten des Acetylens, dessen zweiter Rohstoff, das Wasser, ja für den Preis nicht ins Gewicht fällt, zu M. 163,— für die Tonne. Übrigens empfiehlt es sich, wenn nicht besonders construierte, sondern gewöhnliche Brenner verwandt werden, das Acetylen mit atm. Luft im Verhältnis 3 : 2 zu verdünnen, um das Russen der Flammen auszuschliessen. Die Menge eines derartigen Gemisches, welche 1 cbm Leuchtgas an Lichtmenge gleichwertig ist, käme nach den Versuchen der „Electr. Gas Comp." auf nur M. 0,04 zu stehen (*Zeitschr. f. angew. Chemie 1895, S. 140*). Für deutsche Verhältnisse liegen ebenfalls mehrere sorgfältige Kostenberechnungen vor. Nach Dr. A. Frank-Charlottenburg (Vortrag im Verein zur Beförderung des Gewerbefleisses) würde man in Berlin das Calciumcarbid zu M. 68,— für die Tonne erzeugen können, der Preis des Acetylens würde sich demzufolge zu dem der entsprechenden Menge Leuchtgas wie 16 : 27 verhalten. Die Berechnung von Morton (*Zeitschr. f. Beleuchtungswesen 1894, 9*) spricht in noch höherem Grade für das Acetylen. Er findet, man würde bei uns die Tonne Calciumcarbid für M. 30,— und demnach 1 cbm Acetylen für 26 Pf. liefern können. 1 cbm Acetylen sei aber an Leuchtkraft 15 cbm Leuchtgas gleichwertig, welche mit M. 2,40 bezahlt zu werden pflegen.

Weitere Vorteile, welche die Einführung des Acetylens in Aussicht stellt, sind sowohl Ersparnis an Kohle, als auch die Möglichkeit, geringe Sorten zu verarbeiten, während für die Leuchtgasbereitung nur die besten Sorten tauglich sind. Ferner würde „die kostspielige Einrichtung der Retortenhäuser, Reiniger u. s. w. überhaupt nicht nötig sein; das Werk würde vielmehr nur aus einem entsprechend umgestalteten Kalklöschapparat und aus einem Gasbehälter bestehen, der aber, da das reine Acetylen die zehn- bis fünfzehnfache Leuchtkraft besitzt, entsprechend kleiner sein könnte; in gleicher Weise würden für das Acetylengas auch Rohrleitungen von entsprechend geringerem Querschnitt ausreichen". Jedenfalls sei es aber, falls man beim Steinkohlengas stehen bleiben wolle, empfehlenswert, dasselbe durch Zusatz von Acetylen zum Zwecke der Erhöhung seiner Leuchtkraft zu carburieren.

Das Acetylen ist nicht minder für tragbare Lampen als Brennstoff geeignet. Diese würden bestehen aus einer „verschliessbaren Gasentwicklungsflasche, in welche man Wasser und Calciumcarbid im richtigen Verhältnis einführt, um dann das in seiner Entwicklung entsprechend geregelte Gas an einem aufgeschraubten Brenner unmittelbar zur Beleuchtung zu verwenden". Herr M. Hempel (*Ch. Centralblatt 1895, I S 715*) hat eine derartige Tischlampe kürzlich auf der Versammlung der Gas- und Wasserfachmänner der Provinz Brandenburg vorgeführt; dieselbe hatte in ihrem Unterteile die Vorrichtung zur Gasentwicklung und fasste genügend Calciumcarbid, um zehn Stunden lang ein Licht von 45 Kerzen zu geben. Überdies sind beim Acetylen die pro Stundenkerze erzeugten Verbrennungsprodukte bedeutend geringer als beim Leuchtgase.

Jedoch stehen der allgemeinen Verwendung des neuen Beleuchtungsstoffes auch einige Bedenken entgegen. Derselbe ist nämlich in hohem Grade giftig und giebt, wie schon erwähnt, mit Luft unter Umständen explosive Gemische. Da aber das Steinkohlengas mit seinen 6 bis 8 % Kohlenoxyd dieselben Fehler in nicht viel geringerem Maasse besitzt, so sind diese Bedenken nicht zu schwer zu nehmen, zumal das Acetylen sich wenigstens durch seinen intensiven Geruch stets leicht verrät.

Der billige Preis, den das Acetylen binnen kurzem nach aller Voraussicht annehmen wird, dürfte es ferner ermöglichen, die Darstellung von Alkohol aus seinen Elementen ohne jede Mitwirkung der organischen Natur in die Technik einzuführen, und zwar auf folgendem theoretisch schon lange bekannten Wege: Man behandelt das Gas mit nascierendem Wasserstoff, leitet das so erzeugte Aethylengas in Schwefelsäure und destilliert die hierbei entstandene Aethylschwefelsäure mit Wasser, wobei Alkohol und Schwefelsäure gebildet werden:

$$C_2H_2 + H_2 = C_2H_4,\ C_2H_4 + H_2SO_4 = (C_2H_5)\,HSO_4,$$
$$(C_2H_5)\,HSO_4 + H_2O = (C_2H_5)\,OH + H_2SO_4.$$

Da nach Frank aus zwei Tonnen Calciumcarbid dieselbe Menge Alkohol gewonnen werden kann wie aus dem bei einer guten Ernte pro Hektar geernteten Kartoffelquantum (= 16000 k), so darf der synthetische Alkohol unzweifelhaft als zum gewerblichen Wettbewerb geeignet bezeichnet werden. Selbst zum Aufbau zwei- und mehrwertiger Alkohole sowie der hiervon derivierenden Stärke und Zuckerarten kann das Acetylen verwandt werden. Auch ist es theoretisch möglich, aus dieser so überaus reaktionsfähigen Verbindung Blausäure, Cyanverbindungen und vielleicht sogar Eiweissstoffe darzustellen.

Referent möchte zum Schluss — da trotz der zahlreichen Veröffentlichungen hierauf noch nicht hingewiesen worden ist — erwähnen, dass die Darstellung von Acetylen, welche nach der Moissan-Willsonschen Methode durch die Vermittlung des Calciumcarbids der Elektricität verdankt wird, auch durch unmittelbare Wirkung dieser Kraft möglich ist. Wie schon lange bekannt, bildet sich nämlich das Gas ebenfalls bei Erzeugung des Lichtbogens zwischen zwei Kohlespitzen in einer Wasserstoffatmosphäre. Für den Grossbetrieb dürfte dieser Weg allerdings erst dann gangbar werden, wenn der Wasserstoff wohlfeiler als gegenwärtig geliefert werden kann. Jedenfalls aber ist es elektrische Energie, durch welche Kohlenstoff und Calcium zur Vereinigung gezwungen werden, und welche in deren Verbindung sowie in dem von dieser herstammenden Acetylen aufgespeichert vorliegt, elektrische Energie also in einer neuen Form, welche, wenn nicht Alles trügt, binnen kurzem weitreichende Umwälzungen im wirtschaftlichen Leben hervorbringen wird.

J. Schiff.

Das Westonsche Normal-Cadmium-Element. Das Zink-Quecksilber-Element von Latimer Clark, das in neuerer Zeit in Technik und Wissenschaft ausschliesslich als Normale bei Messungen der E. M. K. angewandt wird, leidet an dem Übelstand, dass seine E. M. K. in hohem Maasse von der Temperatur abhängt. Die Änderung beträgt ang. 0,001 V für 1° C. Dies veranlasste die Herren W. JÄGER und R. WACHSMUTH (*E. T. Z. XV 507, 1894, Mitteilung a. d. Phys.-Techn. Reichsanstalt*) das von Weston in Newark angegebene Cadmium-Element (D. R. P. No. 75194) näher zu prüfen und eine vorläufige Bestimmung der E. M. K. vorzunehmen.

Das Weston-Element ist ganz ähnlich dem von Clark zusammengesetzt, nur treten an die Stelle von Zinkamalgam und Zinksulfat die entsprechenden Cadmiumverbindungen; sein Schema ist also

$$-\ |\ Cd - CdSO_4 - HgSO_4 - Hg\ |\ +$$

Statt des reinen Cadmiums wurde ein bei gewöhnlicher Temperatur festes Amalgam von 1 Teil Cadmium auf 6 Teile Quecksilber verwandt. Das Quecksilbersulfat wurde mit Cadmiumsulfat-Krystallen, concentrierter Cadmiumsulfatlösung und metallischem Quecksilber zu einem steifen Brei, der sogenannten „Paste", mechanisch verrieben. Über das Quecksilber des positiven Pols kam eine Schicht der erwähnten Paste, während der übrige

Teil des Elementes mit einer concentrierten Lösung von Cadmiumsulfat gefüllt wurde (Typus III). Einige von den Elementen (Typus II) wurden ganz mit Paste gefüllt. Bei den versandfähigen Elementen (Typus I) war ausserdem das Quecksilber des positiven Poles durch eine amalgamierte Platinspirale ersetzt worden.

Das Ergebnis der Untersuchungen war: Das Weston- und das Clark-Element stehen sich gleich in ihrer Reproducierbarkeit und voraussichtlich (die ältesten Elemente waren vier Monate alt) auch in ihrer Constanz. Bei der Anwendung des Cadmiumsulfats hat man auf absolute Neutralität und auf vollständige Concentration der Lösungen zu achten. Dagegen hat das Weston-Element folgende Vorzüge: 1) Die E. M. K. hat sofort nach der Zusammensetzung ihren endgültigen Wert (ung. 1,025 V). 2) Die E. M. K. folgt schnell dem Wechsel der Temperatur. 3) Der Temperaturcoefficient ist sehr klein. Die Abhängigkeit der E. M. K. von der Temperatur wird zwischen 0° und 26° ausgedrückt durch die Formel

$$E_t = E_o - 1{,}25 \times 10^{-5}\, t - 0{,}065 \times 10^{-5}\, t^2,$$

wo E_o die E. M. K. bei 0° bedeutet. Wie gering die Änderung der E. M. K. des Weston-Elementes ist, ergiebt sich aus folgendem Täfelchen, dessen 1. Spalte die Correkturen enthält, welche man an einer bei $t°$ gemachten Beobachtung anbringen muss, um sie auf 0° zu reduzieren, und dessen 2. Spalte die Änderung der E. M. K. für 1° C. bei der Temperatur $t°$ in $^1/_{1000}$ % angiebt.

t	1 $(E_t - E_o)/E_o$ für das Element von		2 Temp.-Coeff. bei $t°$ ($^1/_{1000}$ %) für das Element von	
	Clark	Weston	Clark	Weston
0°	0	0	(— 70,9)	— 1,3
10°	— 0,00744	— 0,00018	— 77,9	— 2,5
20°	— 0,01558	— 0,00050	— 84,9	— 3,7
30°	— 0,02442	— 0,00080	— 91,9	— 5,0

Bei 20° C. ändert sich also die E. M. K. des Weston-Elements nur um den 23. Teil des Betrags, der für das Clark-Element gilt. *H. H.-M.*

3. Geschichte.

Leonhard Eulers Lehre vom Äther. Von Dr. ERNST MIETHING. Progr.-Abh. des Königstädtischen Gymnasiums zu Berlin, Ostern 1894 (Pr. No. 160). Eulers Lehre vom Äther ist in neuerer Zeit mehrfach gewürdigt worden. Rosenberger widmet ihr in seiner Geschichte der Physik (*II 333—343*) eine ausführliche bewundernde Darstellung, und in den neueren Versuchen zur Erklärung der Gravitation durch Ätherdruck spielt die Eulersche Theorie eine hervorragende Rolle. Der Verfasser giebt einen Abriss dieser Theorie nach Eulers „Anleitung zur Naturlehre“ und den „Briefen an eine deutsche Prinzessin“ unter Heranziehung auch anderer Abhandlungen, soweit diese zu dem Gegenstande Beziehung haben. Die Theorie bietet besonderes Interesse dar wegen ihrer Verwandtschaft mit den neuesten Bestrebungen auf dem Gebiete des Lichtes und der Elektricität, die der Verfasser der vorliegenden Abhandlung gebührend hervorhebt. Verdienstlich wäre es gewesen, wenn auch die Vorläufer der Eulerschen Ätherтheorie, namentlich die ‚subtile Materie‘ des Descartes, zum Vergleich herangezogen wären. Von Euler selbst rührt das Hauptargument für die Existenz des Äthers her, das aus der zeitlichen Fortpflanzung des Lichtes entnommen ist, während das andere Argument, die Verzögerung der Kometenbahnen durch den Widerstand eines Mittels, noch heut nicht völlig klargelegt ist. Aus der Lichtgeschwindigkeit leitete Euler einen Wert für die wahrscheinliche Dichtigkeit des Äthers ab und fand diese etwa 387 Millionen Mal geringer als die der Luft. Alle Körper in der Welt sah er als aus grober Materie und subtiler Materie (Äther) zusammengesetzt an, von der letzteren nahm er (wie Descartes) an, dass sie den Raum stetig erfülle, legte ihr aber gleichwohl die Eigenschaft der Zusammendrückbarkeit bei. Der Verfasser

erklärt dies für undenkbar, da die Teilchen nicht näher zusammenkommen könnten, wenn nicht ein leerer Raum zwischen ihnen wäre. Indessen hätte ihn schon stutzig machen müssen, dass nach seiner eigenen Angabe auch Jacob Bernoulli und Faraday einer continuierlichen Erfülltheit des Raumes zuneigen und dass Boltzmann ein continuierliches Medium für denkbar hält, das unter Umständen auch zusammendrückbar ist. Vor allem aber sollte beachtet werden, dass die mathematische Theorie nur continuierlich zusammenhängende Volumelemente kennt und mit der variablen Dichtigkeit rechnet; auf diesen Umstand pflegte G. Kirchhoff gern hinzuweisen, wenn auf die atomistische Theorie die Rede kam. — Euler sieht ferner den Äther als elastisch an und zwar schreibt er ihm einen „gewaltsamen Zustand" ähnlich dem der durch Druck zusammengepressten Luft zu, obwohl er für diesen Zustand keine Erklärung zu geben vermag. Der Verfasser verfolgt die Ansichten für und gegen die Elasticität des Äthers bei Poisson, Fresnel, Secchi, Maxwell, Hertz und weist namentlich darauf hin, dass auch Maxwell einen Zwangszustand des Äthers annimmt, durch den eine actio in distans entbehrlich wird. In diesem Zusammenhange glaubt der Verfasser auch eine Äusserung Kirchhoffs beanstanden zu müssen, der gelegentlich die Ansicht aussprach, dass sich einer so enorm schnellen Folge von Impulsen gegenüber, wie dies beim Licht der Fall ist, auch das verdünnteste Gas als incompressible Flüssigkeit verhalten würde. Wenn indessen Kirchhoff eine solche Ansicht äusserte, so war sie sehr wohlerwogen und entsprang einem genialen Tiefblick in das Wesen der mechanischen Vorgänge; man darf ein solches Wort nicht allzu rasch mit anderen „unbewiesenen Vermutungen" auf eine Stufe stellen. Auch Kirchhoff pflegte übrigens in seinen optischen Vorlesungen zu betonen, dass sich der Äther hinsichtlich seiner Transversalschwingungen wie ein fester Körper verhalte.

Zu den Erscheinungen, die Euler durch die Annahme des Äthers zu erklären suchte, gehört zunächst die Festigkeit der Körper; auch die Wärme besteht nach ihm in einer „Bewegung der subtilen Materie". Er zeigte sich hierin, indem er mit dem „Wärmestoff" brach, als ein Vorläufer der modernen Ansichten, doch teilt er auch diesen Ruhm mit Descartes. Zur Erklärung der Elasticität der Körper musste er eine künstliche Hypothese über geschlossene und offene Poren ersinnen. Die Schwerkraft suchte er aus dem Gesetz abzuleiten, dass der Ätherdruck gegen den Mittelpunkt der Erde proportional mit der Entfernung abnimmt; doch erkannte er selbst die Schwierigkeiten sehr wohl, die dieser Theorie entgegenstehen. Die Elektricität endlich erklärte er durch Zusammendrückung oder Verdünnung des Äthers in den Poren der Körper. Trotz aller Mängel dieser Erklärungsweise will der Verfasser ihm die Anerkennung gezollt wissen, dass er zuerst den Äther als Träger der elektrischen Erscheinungen hingestellt, zuerst den Zusammenhang von Licht und Elektricität behauptet und zuerst den Faradayschen Gedanken der Vermittlung elektrischer Wirkungen von Stelle zu Stelle durchzuführen versucht habe. Indessen geht man in solchem Anerkennungsstreben leicht zu weit. Gewisse Denkmöglichkeiten werden eben von schärfer blickenden Geistern erwogen und durchgedacht, ehe die prüfende Forschung zwischen ihnen zu entscheiden vermag. Aber was lediglich ein Spiel der construierenden Phantasie ist, hat für die Naturforschung geringen Wert, so lange nicht die Bestätigung durch die Erfahrung hinzutritt. Und so wird auch die weitere Entwicklung unserer Kenntnisse vom Äther nicht von Spekulationen, wie etwa diejenigen des vom Verfasser mehrfach citierten P. Secchi, sondern vielmehr von der fortschreitenden Analyse der Erscheinungen und ihrer mathematischen Bearbeitung nach der Art eines Heinrich Hertz zu erwarten sein. *P.*

---

4. Unterricht und Methode.

Die Galilei-Newtonschen Bewegungsgesetze als Einleitung in die Mechanik. Von Dr. HANS SCHUMANN (Progr. des K. R. G. zu Würzburg 1894, 34 S.). Der Verfasser hält es in Übereinstimmung mit G. v. Alth (vgl. d. Zeitschr. *VII 140*) für vorteilhaft, die drei Newtonschen Bewegungsgesetze an die Spitze der ganzen Mechanik zu stellen und „auf

hypothetisch deduktivem Wege zu beweisen". Damit ist gemeint, dass die Gesetze in hypothetischer Form eingeführt und durch experimentelle Prüfung der aus ihnen gezogenen Folgerungen als richtig erwiesen werden. Nach einer vorläufigen Orientierung über Kraft und Masse werden deshalb sofort die ersten beiden Gesetze angeführt und verdeutlicht. Beim ersten Gesetz ist das Wort ‚gleichförmig', das in der Newtonschen Fassung neben ‚geradlinig' steht, wie es scheint, mit Absicht weggelassen, was wir indessen nicht als zulässig erachten können. Ebenso wenig ist es correkt, das Gesetz ‚auch in der Form' auszudrücken, dass nur die „Constanz der Bewegungsgrösse" behauptet wird; denn hierin ist die Erhaltung der geraden Richtung nicht mehr enthalten. Auch das zweite Gesetz ist in geänderter Fassung angegeben. Bei Newton heisst es: ‚die Änderung der Bewegung ist der Einwirkung der bewegenden Kraft proportional'; hier dagegen: die Änderung der Bewegungsgrösse ist der Zeit und der einwirkenden Kraft proportional u. s. w. Der zweite Satz ist mit dem ersten nicht identisch, ausser wenn man den Begriff Bewegungsgrösse als Vektorgrösse definiert, wovon aber in der Abhandlung kein Gebrauch gemacht ist; in der jetzigen Form kann der Satz nur als ein Spezialfall des zweiten Gesetzes (nämlich bei nicht geänderter Richtung) gelten. Abgesehen von der Frage der Zweckmässigkeit dieser Änderung, die Referent nicht zu bejahen vermag, sollte soviel philologische Exaktheit unbedingt auch auf unserem Gebiete beobachtet werden, dass ein so abgeänderter Wortlaut nicht mehr (in Kursivschrift gesetzt) als Newtonsches Gesetz bezeichnet werden dürfte.

Es folgen dann Paragraphen über ‚Beschleunigung als Maass für Kräfte und Massen', ‚Gewicht und Masse', ‚Dimension und Maass der Kraft', ‚Gravitationsmaass und absolutes Maass', ‚Berechnung der Beschleunigung im absoluten und im Gravitationsmaasse', ‚Berechnung des Weges bei gleichförmiger Beschleunigung', deren Inhalt zweckmässig ausgewählt und dargestellt ist. Daran schliesst sich der ‚experimentelle Beweis für das zweite Bewegungsgesetz'. Für diesen Beweis wird der bekannte Grundversuch an der Atwoodschen Fallmaschine benutzt; es wird gezeigt, dass 2 g eine Masse von 212 g mit einer Beschleunigung von 9,2 cm in Bewegung setzen, hiermit in 5 Sekunden 115 cm zurücklegen und eine Geschwindigkeit von 46 cm hervorbringen; beim Variieren von Masse, Kraft und Zeit stimme der Versuch stets mit der Rechnung überein. Wir halten diese Art der Beweisführung für viel zu summarisch, als dass damit eine Einsicht in die Richtigkeit der zahlreichen der Rechnung zu Grunde gelegten Annahmen zu erzielen wäre. Auch die Vereinigung der phoronomischen mit der dynamischen Seite des Gegenstandes ist der Klarheit nicht günstig; die neuere Methodik hat sich wohl durchweg für eine getrennte Behandlung dieser beiden Seiten entschieden. Da diese Trennung bei Newton noch nicht streng durchgeführt ist, so empfiehlt es sich nicht, mit den Newtonschen Gesetzen den Unterricht zu beginnen in dem Sinne, dass man sie voranstellt und ihre Richtigkeit nachzuweisen sucht, wobei die Gefahr einer blossen Textinterpretation nach philologischem Muster allzu nahe liegt. Vielmehr wäre eine allmähliche Entwicklung der Begriffe und Begriffsbeziehungen, die schliesslich zu der Newtonschen Formulierung hinführt, wohl dem hier gewählten Verfahren vorzuziehen. In dieser Hinsicht hätte der Verfasser aus Machs Leitfaden der Physik (Oberstufe), den er einmal beiläufig citiert, vieles übernehmen können, wiewohl die dort vorgeschlagene einwurfsfreie Definition des Massenbegriffs in der That für die erste Einführung in die Mechanik zu schwierig ist.

Danach behandelt der Verfasser ‚die Resultante zweier und mehrerer gleichzeitig auf einen materiellen Punkt wirkender Kräfte', ‚die Zerlegung einer Kraft in zwei und mehrere Componenten', und danach ‚das dritte Bewegungsgesetz', dass aber auch in der Fassung vom Newtonschen Wortlaut abweicht. Die hierzu gegebenen Erläuterungsbeispiele sind einfach und lehrreich, auch die Überleitung zur allgemeineren Form des Energieprinzips ist durchaus schulmässig und zugleich sachlich streng gehalten. Dieser Überleitung sind die Abschnitte gewidmet: ‚Arbeit und Maass derselben', ‚Effekt einer Kraft', ‚potentielle und kinetische Energie', Verwandlung von Energieformen und das Energie-

prinzip'. In dem letzteren Abschnitt ist nur zu beanstanden, dass die Vermutung, die Wärme sei kinetische Energie der kleinsten Teilchen, durch das Studium der Wärmeerscheinungen vollauf bestätigt werde. In dem nächsten Abschnitt ‚die einfachen Maschinen' dürfte das Prinzip der virtuellen Verschiebungen nicht fehlen, wenn aus dem Energieprinzip die Gleichgewichtsbedingungen abgeleitet werden sollen. Die letzten beiden Abschnitte ‚vom Stoss unelastischer und elastischer Körper' und ‚schräger Stoss' enthalten bekannte Rechnungen. *P.*

5. Technik und mechanische Praxis.

Weitere Versuche über elektrische Telegraphie ohne Draht. Über die früheren Versuche des Hauptingenieurs der englischen Telegraphenverwaltung W. H. PREECE ist bereits in dieser Zeitschrift (*VII 255*) berichtet worden. Er benutzt zur Übertragung die Induktion. Sowohl an der Aufgabe- als an der Empfangsstelle wird in parallelen Ebenen ein Induktionskreis von riesigsn Abmessungen hergestellt. Wird durch den ersten Kreis ein gleichförmig unterbrochener Gleichstrom oder ein Wechselstrom geschickt, so hört man in einem Telephon, das in den anderen Kreis eingeschaltet ist, einen Ton, dessen Schwingungszahl mit der Periode des inducierenden Stromes übereinstimmt. Unterbricht man den ersten Strom längere oder kürzere Zeit mit einem Morse-Schlüssel, so ermöglichen die länger oder kürzer andauernden Töne des Telephons die Übermittlung von Nachrichten. Bei seinen neuesten Versuchen zwischen Kintyre und Arran in Schottland gelang es PREECE auf 8 km Entfernung ohne Draht zu telegraphieren (*E. T. Z. XV 532, 1894*). Doch kann das Verfahren weder zur Verständigung von Schiff zu Schiff noch von Schiff zu Land verwendet werden.

Im Laufe des letzten Sommers wurden auf Anregung des Reichsmarineamts auf dem Wannsee bei Potsdam von W. RATHENAU, E. RATHENAU und H. RUBENS Versuche über Telegraphie ohne Drath angestellt, wobei nicht die Induktion, sondern die Erdleitung benutzt wurde. (*E. T. Z. XV 616, 1894*). Die Möglichkeit des Verfahrens wurde zunächst durch einen Laboratoriumsversuch festgestellt. Eine Holzwanne von etwa 1 m² Oberfläche wurde mit verdünnter Kochsalzlösung gefüllt und die Verteilung der Stromlinien, welche durch zwei den primären Strom zuführende Elektroden in der Flüssigkeit hervorgerufen wurden, mit Hülfe zweier secundären Elektroden und eines Galvanometers untersucht. Dabei ergab sich, dass, wenn die Entfernung der Primärelektroden gleich der der Secundärelektroden war und den zehnten Teil der Entfernung der Primärelektroden von den Secundärelektroden betrug, ungefähr ein Millionstel des primären Stroms auf den secundären Stromkreis übertragen wurde. Bei den Versuchen im Grossen wurden die beiden primären Zinkelektroden von je 15 m² Oberfläche in einem Abstand von 500 m auf den Boden des Wannsee versenkt und durch ein Kabel mit einander verbunden, in das eine Accumulatorenbatterie von 75 Elementen, ein Regulierwiderstand, ein Morse-Schlüssel und ein Stromunterbrecher eingeschaltet waren, welche in einer Sekunde den Strom 150 mal unterbrach und schloss. Die secundäre Stromleitung bestand aus 2 Zinkelektroden von je 4 m² Oberfläche, die an zwei Boote befestigt in verschiedenen Abständen (50—300 m) in den See versenkt und durch ein Kabel verbunden wurden, an welchem die beiden Hörtelephone angebracht waren. Die grösste Entfernung, auf welche eine telegraphische Verständigung erzielt wurde, betrug $4^1/_2$ km. Obwohl die Grenze der Hörbarkeit noch keineswegs erreicht war, liessen doch die örtlichen Verhältnisse keine weitere Vergrösserung der Entfernung zu. Bei einem Versuche lag eine Insel, der „Cladower Sandwerder" zwischen der Aufgabe- und Empfangsstelle; es wurde dadurch keine Störung des Betriebes hervorgerufen. Neuerdings hat H. RUBENS (*Naturw. Rundschau X 41, 1895*) ein Instrument erfunden, welches das Telephon erheblich an Empfindlichkeit übertrifft und gleichzeitig im Stande ist, die telegraphischen Zeichen auf telegraphischem Wege zu registrieren. Dieser Apparat besitzt ähnlich wie das optische Telephon von M. Wien die sehr hohe Empfindlichkeit nur für einen Wechselstrom von bestimmter Periode. *H. H.-M.*

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Popular scientific lectures by Ernst Mach, professor of physics in the university of Prague. Translated by Thomas J. Mc Cormack. With 44 cuts and diagrams. Chicago, The Open Court Publishing Company, 1895. 313 S. $ 1,—.

Der vornehm ausgestattete Band enthält zwölf Vorträge, von denen die sechs ersten, vor mehr als zwanzig Jahren teils in Prag teils in Graz einem Laienpublikum dargeboten, von populärer Natur sind, während die letzten sechs bei verschiedenen Gelegenheiten vor wissenschaftlichen Zuhörern gehalten wurden und demgemäss einen strengeren Charakter tragen. Die ersteren sind zwar schon einzeln veröffentlicht, aber bisher kaum bekannt geworden, sie behandeln folgende Gegenstände: die Gestalt der Flüssigkeiten; die Cortischen Fasern; die Ursachen der Harmonie; die Geschwindigkeit des Lichtes; warum hat der Mensch zwei Augen? über Symmetrie. Der Verfasser hat in diesen Vorträgen trotz ihrer populären Bestimmung den Zauber und die Poesie des Forschens zur Geltung bringen und zugleich die Übereinstimmung des wissenschaftlichen und des gewöhnlichen Denkens darthun wollen. Dass ihm dies aufs glänzendste gelungen, braucht den Lesern dieser Zeitschrift nicht erst versichert zu werden. Aber die Vorträge leisten noch mehr; sie haben einen besonderen Wert dadurch, dass der Verfasser nicht hinter der objektiven Darstellung seines Gegenstandes verschwindet, sondern dass er im Gegenteil fortwährend bemüht ist, das Physikalische mit dem Menschlichen, das Mechanische mit dem Seelischen zu verknüpfen und das beiden Gemeinsame in geistreichen oft humorvollen Hinweisen hervorzuheben. Die Vorträge erhalten dadurch einen Reiz, der sich in annähernd ähnlicher Weise vielleicht nur noch bei Henles anthropologischen Vorträgen wiederfindet. Für das auch in dieser Zeitschrift öfter (noch zuletzt in *Heft 3 S. 129*) berührte Problem des Einklanges zwischen poetischer und wissenschaftlicher Weltansicht liefern diese Vorträge vorbildliche Einzellösungen; es ist nur eins zu bedauern: dass ihrer nicht viel, viel mehr sind! Die übrigen sechs Vorträge sind gleichfalls schon, wenn auch teilweise an schwer zugänglichen Stellen, veröffentlicht, sie handeln über: die Grundbegriffe der Elektrostatik (1883), die Erhaltung der Arbeit (nach der 1872 erschienenen Schrift neu bearbeitet), die ökonomische Natur des physikalischen Forschens (1882), Umbildung und Anpassung im wissenschaftlichen Denken (1883), das Prinzip der Vergleichung in der Physik (1894), den Unterricht in den klassischen Sprachen und den Naturwissenschaften (1886). Diese Vorträge sind eine Fundgrube von aufklärenden Auseinandersetzungen über die Grundbegriffe der Naturforschung, der letzte von ihnen knüpft noch einmal an die Frage an, zu deren praktischer Lösung die ersten sechs Aufsätze so glücklich anzuleiten vermögen. Auch wir in Deutschland müssen der Open Court Publishing Co. Dank wissen dafür, dass sie die Anregung zu dieser Sammlung gegeben und den so wertvollen Inhalt allgemeiner zugänglich gemacht hat. Hoffentlich ist auch eine deutsche Ausgabe zu erwarten; falls eine solche erscheint, soll noch näher auf einzelne für den Unterricht besonders beachtenswerte Punkte eingegangen werden.

P.

Die Fortschritte der Physik im Jahre 1888. Dargestellt von der physikalischen Gesellschaft zu Berlin. XLIV. Jahrgang. 1. und 2. Abteilung (Physik der Materie, Physik des Äthers) redigiert von Richard Börnstein, 479 S. u. 809 S.; 3. Abteilung (Physik der Erde) redigiert von Richard Assmann. 771 S. M. 20,—, M. 30—, M. 30,— — Die Fortschritte der Physik im Jahre 1889. XLV. Jahrgang. 1. Abteilung (Physik der Materie) redigiert von R. Börnstein. 580 S. M. 20,—. — Die Fortschritte der Physik im Jahre 1893. IL. Jahrgang. 1. Abteil. (Physik der Materie) redigiert von R. Börnstein. LXIX u. 562 S. M. 20,—. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn, 1895.

Vor zwei Jahren sind die bekannten Fortschritte der Physik, welche seit 1845 von der physikalischen Gesellschaft herausgegeben werden, in den Verlag von Vieweg & Sohn übergegangen. Es wird dadurch zunächst ein schnelleres Erscheinen des Werkes ermöglicht, da gleichzeitig ein dem laufenden Jahre nahe liegender Band und ein früherer erscheinen. Vor allem ist es Aufgabe der „Fortschritte“ gewesen, in möglichster Vollständigkeit einen Überblick der physikalischen Litteratur der gesamten Kulturnationen zu geben. Zeitschriften aller Erdteile, aller Nationen sind berücksichtigt; dadurch war früher oft ein langsames Erscheinen der Bände bedingt. Die Referate geben nach wie vor vielfach einen Ersatz für die Originalabhandlungen, auf die nur diejenigen zurückgehen, die das betreffende Gebiet speziell bearbeiten. Vielfach sind auch die Zahlenwerte mit aufgenommen, während die eingeschlagenen Methoden nur kurz berücksichtigt werden konnten. Die Haupteinteilung ist dieselbe geblieben: 1. Physik der Materie,

2. Physik des Äthers, 3. Physik der Erde. Das Werk, das zunächst für die Erleichterung der wissenschaftlichen Forschung bestimmt ist, bietet auch für den Unterricht und namentlich die Herausgeber der Unterrichtsbücher ausserordentlich viel, um so mehr als auch Unterrichtsversuche, Lehrbücher für Physik, Apparate und Messinstrumente berücksichtigt sind. Den früheren Bänden gegenüber ist, da sonst die Fülle des Stoffes zu gross würde, das Elektrotechnische zurückgetreten, die Physiologie bei der Elektricität gar nicht wieder aufgenommen, wogegen die Verbindung mit der Chemie und den Wissenschaften, die für die Physik der Erde von Wichtigkeit sind (Astronomie, Geologie, Geographie), beibehalten ist. Von der Reichhaltigkeit erhält man eine Vorstellung, wenn man erfährt, dass allein die kurze Aufzählung der Journale 33 Seiten umfasst. Wie weit der Begriff der Physik ausgedehnt ist, wird am besten aus dem Berichte selbst hervorgehen; bei der innigen Verknüpfung der Naturwissenschaften ist es erklärlich, dass von einander weit entfernt scheinende Disziplinen in demselben vereinigt sind. Da jeder Abschnitt von einem mit dem Stoffe vollständig vertrauten Fachmanne bearbeitet wird, sind die Referate, so weit es der Charakter des Referats erlaubt, zuverlässig und sachgemäss; persönliche Kritik ist ausgeschlossen, wie überhaupt Polemik die „Fortschritte" fast nie gefördert hat.

Gerade für Bibliotheken von Schulen vermag das Werk mehr als ein Einzeljournal zu leisten, weil es den Überblick über alle Fachjournale giebt und zugleich zeigt, wo die Arbeiten im Einzeljournal zu finden sind. — Jeder Band würde überdies bei spezieller Benutzung für den Unterrichtszweck für den Fortschritt des physikalischen Unterrichts eine Menge Material liefern. Wohl würde es sich lohnen, aus jedem Bande eine Zusammenstellung nach dieser Richtung hin zu machen; die Frage, wie weit hat der Schulunterricht die in den einzelnen Jahren gemachten wissenschaftlichen Fortschritte zu berücksichtigen und zu benutzen, würde sich dann leicht lösen lassen. Der an und für sich hohe, in Rücksicht auf Umfang und Stoff niedrige Preis sollte kein Hindernis für die Beschaffung eines Werkes sein, das für die spätere Generation den Zusammenhang mit der historischen Entwicklung und der stets wachsenden Ausbreitung der Wissenschaft ermöglicht. Möge das Werk in der wissenschaftlichen Welt und den mit ihr verbundenen Kreisen der Industrie und Pädagogik die Aufnahme und Förderung finden, die es verdient. *Schw.*

Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften. Leipzig, Wilhelm Engelmann, 1894. No. 56. Die Gesetze der Überkaltung und Gefrierpunktserniedrigung. Zwei Abhandlungen von Sir Charles Blagden (1788). Herausgeg. von A. J. von Oettingen. 49 S. M. 0,80. — No. 57. Abhandlungen über Thermometrie von Fahrenheit, Réaumur, Celsius (1724. 1730—1733, 1742). Herausgeg. von A. J. von Oettingen. 140 S. M. 2,40. — No. 58. Chemische Abhandlung von der Luft und dem Feuer von Carl Wilhelm Scheele (1777). Herausgeg. von W. Ostwald. 112 S. M. 1,80. — No. 59. Otto von Guerickes neue „Magdeburgische" Versuche über den leeren Raum (1672). Übersetzt und mit Anmerkungen versehen von F. Dannemann. Mit 15 Textfiguren. 116 S. M. 2,—.

Die Abhandlungen von Blagden beziehen sich auf die Überkaltung des Wassers und auf die Gefrierpunktserniedrigung durch Salze, wie auch durch Säuren, Alkalien und Alkohol. Das wichtige Gesetz, dass das Salz den Gefrierpunkt nach dem einfachen umgekehrten Verhältnis, in dem es zu dem Wasser der Lösung steht, erniedrigt, kann als Blagdens Gesetz bezeichnet werden. Der Verfasser hat auch vorausgesehen, welche Bedeutung seine Untersuchungen für die spätere Theorie der Molekularstruktur haben würden. — Die thermometrischen Abhandlungen in No. 57 sind von hervorragendem historischen Interesse. Der Herausgeber fügt dankenswerte ausführliche Anmerkungen hinzu, die namentlich auch auf de Luc und Lambert Bezug nehmen und Réaumur jedes Verdienst um die Thermometrie absprechen. — No. 58 enthält das Hauptwerk Scheeles, es findet sich darin die Entdeckung des Sauerstoffs und der Zusammensetzung der Luft. — Mit der Übersetzung des III. Buches von Guerickes Experimenta Nova Magdeburgica in No. 59 ist eine alte Schuld der deutschen Wissenschaft wenigstens zum Teil abgetragen. Sämtliche Abbildungen des Originalwerks, die diesem Buch angehören, sind in passender Verkleinerung wiedergegeben, ferner das Titelbild und das Portrait des Verfassers. Die Anmerkungen des Herausgebers bieten teils historische Erläuterungen, teils berichtigen sie Irrtümer des Verfassers. An einer Stelle setzt Guericke, bei Gelegenheit des Versuchs mit den Halbkugeln, auseinander: „Wenn auch acht Pferde einen mit 2686 Pfund belasteten Wagen ohne grosse Mühe fortziehen können, so ist doch in diesem Falle [bei den Halbkugeln] die Ausübung des Zuges, da sie gegen den Luftdruck und sozusagen mehr gegen die Natur (magis quasi contra naturam) gerichtet ist, schwieriger als beim Fortziehen eines Gewichtes mittels eines Wagens."

Der Herausgeber meint, dass G. hier einen ganz unbegründeten Unterschied mache, da er sich aus den Banden scholastischer Denkweise noch nicht ganz habe freimachen können. Aber jener Unterschied ist so wohlbegründet, dass er vielmehr das feine Verständnis G's. für mechanische Dinge beweist. Der Unterschied ist derselbe wie der zwischen dem Fortbewegen eines Wagens auf horizontaler Bahn und dem Heben desselben senkrecht nach oben. Man sieht leicht, dass auch das „gleichsam gegen die Natur" seinen guten Sinn hat. Die Übersetzung liest sich leicht und glatt, aufgefallen ist dem Ref., dass im Kap. XIX vinculum mit Band übersetzt ist, wo es vielmehr Hindernis bedeutet; auch im Schluss von XXXVI sind Ungenauigkeiten stehen geblieben. *P.*

Lehrbuch der Physik für Studierende. Von Prof. Dr. H. Kayser. Zweite verbesserte Auflage. Mit 334 in den Text gedruckten Holzschnitten. Stuttgart, Ferdinand Enke, 1894. X u. 564 S. M. 10,—.

Die erste Auflage ist in d. Zeitschr. *IV 206* ausführlich besprochen; die dort gemachten Bemerkungen scheinen indessen dem Verfasser nicht bekannt geworden zu sein, da sie durchweg unbeachtet geblieben sind. Die neue Auflage unterscheidet sich von der früheren hauptsächlich durch besseren Druck. Hinzugefügt sind einige kurze Ausführungen über das Prinzip der virtuellen Geschwindigkeiten, über Trägheitsmomente, über natürliche Farben und über Farbenphotographie. *P.*

La Chaleur. Par Pierre de Heen, Membre de l'Académie de Belgique, Professeur de Physique expérimentale à l'Université de Liége. Avec 177 figures dans le texte. Liége, M. Nierstrasz, 1894. X u. 382 S. M. 10,—.

Die Beobachtungsverfahren und Messinstrumente, mit welchen man die in der Wärmelehre auftretenden Grössen bestimmt hat, sind knapp aber deutlich und klar beschrieben und die wichtigsten Versuchsergebnisse in Tafeln und Diagrammen übersichtlich dargestellt. An dem Schlusse eines jeden Kapitels stehen theoretische Betrachtungen, in welchen die aus den Thatsachen sich ergebenden Folgerungen über die wahrscheinliche Constitution der Materie gezogen werden. Der Verfasser weist der Physik die Aufgabe zu, möglichst tief auf die hypothetischen Ursachen der Erscheinungen zurückzugehen. Wenn z. B. Sir W. Thomson mittels des Satzes von der Erhaltung der Energie bewiesen habe, dass die Spannung des Dampfes, welcher sich über einer hohlen Flüssigkeitsoberfläche bildet, geringer ist als die eines Dampfes über einem ebenen Flüssigkeitsspiegel, so sei dieser Beweis streng, aber er umgehe vollständig die Untersuchung der Ursache der Erscheinung. Von diesem Standpunkte aus hat der Verfasser in seinem Werk die Molekularphysik auf das engste mit der Wärmelehre verknüpft. Das ist schon äusserlich an der eigenartigen, aber methodisch beachtenswerten Anordnung des Stoffes zu erkennen. Nach einigen kurzen Ausführungen über Temperatur und Wärmemenge werden zunächst die Gase, dann recht ausführlich die Flüssigkeiten und schliesslich die festen Körper in Bezug auf ihre thermischen Eigenschaften und ihren molekularen Aufbau behandelt. *Hahn-Machenheimer, Berlin.*

Magnetische Kreise, deren Theorie und Anwendung. Von Dr. H. du Bois. Mit 94 in den Text gedruckten Abbildungen. Berlin, J. Springer, München, R. Oldenbourg, 1894. XIV u. 382 S. M. 10,—.

Das Buch stellt den gegenwärtigen Stand der theoretischen und experimentellen Forschung auf dem Gebiet des Magnetismus dar, indem es die bewährten älteren mit den kritisch gesichteten neueren Ergebnissen zu einem Ganzen verschmilzt. Es setzt voraus, dass der Leser vertraut ist mit den Ergebnissen der experimentellen Erforschung der Induktionsvorgänge im Eisen, soweit diese Ewing in seinem trefflichen Werke zusammengefasst hat. Das Buch zerfällt in zwei Teile, von denen der erste die Theorie und der andere die Anwendungen behandelt. Die beiden einleitenden, mehr elementar gehaltenen Kapitel entwickeln die Lehre vom unvollkommenen magnetischen Kreis; die beiden folgenden legen die Grundzüge der Theorie der „starren" und der absolut „weichen" Magnete unter Anlehnung an die Behandlungsweise von Maxwell dar, wobei durch Bevorzugung einer geometrischen und graphischen Darstellungsart analytische Weitläufigkeiten vermieden und Klarheit und Anschaulichkeit erreicht worden sind. Das grundlegende fünfte Kapitel behandelt eingehend die Magnetisierung geschlossener und radial geschlitzter Toroide. Das sechste Kapitel, das erste des zweiten Teiles, erörtert die allgemeinen Eigenschaften der magnetischen Kreise und das schöne siebente Kapitel giebt eine historisch-kritische Darlegung der Analogie der magnetischen Kreise mit anderen Stromkreisen. Die beiden folgenden Kapitel erläutern kurz die Anwendung der entwickelten Lehren auf die wichtigsten Maschinen und Apparate, welche in der Technik und in den Laboratorien verwendet

werden. Die beiden Schlusskapitel sind den experimentellen Messmethoden gewidmet. — Die Benennungen und die Bezeichnungsweise, die folgerichtig durchgeführt wurden, sind übersichtlich geordnet am Schluss des Buches zusammengestellt. Zahlreiche Quellennachweise ermöglichen die weitere Verfolgung der vom Verfasser benutzten Einzeluntersuchungen. Dabei wird sicherlich die Anführung der treffendsten englischen Fachausdrücke das Lesen der wichtigen einschlägigen britischen und amerikanischen Abhandlungen sehr erleichtern.

Das rasche Emporblühen der Elektrotechnik hat die ihr zum Grunde liegenden Gebiete der reinen Physik in hohem Grade gefördert und macht auch immer gebieterischer eine Umgestaltung der entsprechenden Teile der Schulphysik, vor allem Änderungen in der Behandlung der Lehre vom Magnetismus erforderlich. Vor dem Beginn dieser schwierigen Aufgabe ist aber, ganz abgesehen von allen didaktischen Erwägungen, eine gründliche kritische Sichtung der sehr ungleichwertigen Ergebnisse, welche die Technik in wilder Hast während der beiden letzten Jahrzehnte geliefert hat, unbedingt geboten. Das vorliegende Buch bietet den Fachgenossen, welche sich zu dieser Arbeit berufen fühlen, ein Hilfsmittel ersten Ranges. *Hahn-Machenheimer.*

Lehrbuch der geometrischen Optik. Von R. S. Heath, M. A., D. Sc., Prof. der Mathematik am Mason College in Birmingham. Deutsche autorisierte und revidierte Ausgabe von R. Kanthack, M. Inst. M. E. Mit 155 in den Text gedruckten Figuren. Berlin, J. Springer, 1894. XIII u. 386 S. M. 10,—.

Das Buch, welches die Arbeiten von Gauss, Listing, Maxwell, Helmholtz und Abbe besonders berücksichtigt, zeichnet sich durch eine methodisch recht geschickte Anordnung des Stoffes aus, indem stets von den einfacheren zu den allgemeineren und verwickelteren Aufgaben fortgeschritten wird. Die Erscheinungen der Spiegelung und Brechung werden erst mit Hilfe einzelner Strahlen, dann mit Benutzung centraler Strahlenbüschel dargestellt. Die Gausssche Lehre von den Linsen wird zunächst elementar-geometrisch behandelt und dann nach dem eleganten Verfahren, welches wir Gauss selbst verdanken, entwickelt. Dem Abschnitt über Brennlinien und Brennebenen liegen die Abhandlungen von Cayley zu grunde. Auf das Kapitel über die Aberration centraler Strahlenbüschel folgt die Untersuchung der Gestalt und Eigenschaften enger Strahlenbüschel, und zwar geht der Behandlung dünner Strahlenbüschel nach Maxwells Verfahren eine Theorie der allgemeinen Eigenschaften aller der engen Strahlenbüschel voraus, welche keine zweifache Mannigfaltigkeit von Normalen bilden. An die Darstellung der Dispersion und Achromasie schliessen sich Abschnitte, welche das Auge und das Sehen, die optischen Instrumente und die Bestimmung der optischen Constanten behandeln. Den Schluss bildet ein Kapitel über die Brechung durch Mittel von veränderlicher Dichtigkeit und die meteorologische Optik. — Das Buch ist fast gänzlich vom Standpunkt des Mathematikers aus geschrieben, und die Darstellung bevorzugt zumeist die analytischen vor den rein geometrischen Verfahren. Der Hauptwert des Buches liegt daher in den rein theoretischen, geometrisch-optischen Abschnitten, während die Teile, welche die optischen Instrumente behandeln, unvollständig sind und nur als eine nützliche Vorstufe für das Werk von Czapski angesehen werden können. Die sorgfältige und klare Übersetzung ist auf Anregung und mit Unterstützung von Czapski hergestellt worden und enthält vielfach Zusätze, welche Lücken und Ungenauigkeiten des Originals beseitigen. *Hahn-Machenheimer.*

Jahrbuch der Chemie. Bericht über die wichtigsten Forschungen der reinen und angewandten Chemie. Herausgegeben von Richard Meyer. III. Jahrgang, 1893. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn, 1894. 603 S. geb. M. 15,— oder M. 16,50.

Bei dem Erscheinen des ersten Bandes ist auf die Wichtigkeit dieser Jahresberichte hingewiesen worden. Der vorliegende Band hat den ursprünglichen Charakter bewahrt und ist auch wie schon der zweite Band 1892 (erschienen 1893) in der bekannten Verlagshandlung erschienen, so dass die Weiterherausgabe gesichert erscheint. Neu berücksichtigt ist die Geschichte der Chemie in der Weise, dass historische Publikationen bei den einzelnen Abschnitten zur Berücksichtigung kamen, denen sie gerade angehören (Mitscherlich C. II und III, Scheeles Briefe II und III u. s. w.). Das Kapitel Technologie der Fette, das für den laufenden Jahrgang wenig bot, wird im folgenden besprochen werden. Die Abschnitte sind: I. Physikalische Chemie von Nernst; II. Anorganische Chemie von G. Krüss; III. Organische Chemie von C. A. Bischoff; IV. Physiologische Chemie von F. Röhmann; V. Pharmaceutische Chemie von H. Beckurts; VI. Chemie der Nahrungs- und Genussmittel von H. Beckurts; VII. Agrikulturchemie von M. Märcker und C. Schneidewind; VIII. Metallurgie von Dürre; IX. Brennstoffe und anorganisch-chemische Technik von Häussermann; X. Explosivstoffe von Häussermann;

XI. Technologie der Kohlehydrate und Gährungsgewerbe von Märcker, Beckurts, Schneidewind; XII. Theer- und Farbenchemie von R. Meyer; XIII. Chemische Technologie der Spinnfasern von R. Meyer; XIV. Photographie von Eder und Valenta.

Die Namen der Mitarbeiter bürgen für richtige, sachgemässe Auswahl und Darstellung. Das Buch eignet sich vor allem für Bibliotheken kleinerer Anstalten und zur Privatbeschaffung, da der Preis mässig ist und das Buch ein Mittel an die Hand giebt auch in Beziehung auf den Unterricht Thatsachen zu verwerten, welche nach den neueren Fortschritten in der Chemie und Technologie nicht mehr unberücksichtigt bleiben können. *Schw.*

Handbuch der anorganischen Chemie. Herausgegeben von Dr. O. Dammer, unter Mitwirkung von Benedict, Gadebusch, Haitinger, Lorenz, Nernst, Philipp, Schellbach, v. Sommaruga, Stavenhagen, Zeisel. Band II Teil 1, VIII u. 715 S., Teil 2, XIII u. 966 S. Stuttgart, Ferd. Encke, 1894.

Auf Band I und III ist in dieser Zeitschrift (*VII 102*) schon hingewiesen. Wie angekündigt ist nun auch Band II bald darauf erschienen, so dass das vortreffliche Werk vollständig vorliegt, ein Nachschlagewerk, das dem jetzigen Stande der Wissenschaft entspricht und durch die Schnelligkeit des Erscheinens vor dem Vorwurfe bewahrt ist, dass während der Herausgabe schon manches wieder veraltet oder unvollständig ist. Band II umfasst in der ersten Abteilung *N*, *P*, *As*, *Sb*, *Bi*, *C*, *Si*, *Ti*, *Ge*, *Sn*, *T*, in der zweiten Abteilung *K*, *Na*, *Li*, *Rb*, *Cs*, *Am*, *Ca*, *Sr*, *Ba*, *Be*, *Mg*, *Zn*, *Cd*, *Pb*, *Th*, *Cu*, *Ag*, *Hy*. Die Hinweise auf die Entdecker und Originalabhandlungen ermöglichen leicht weitere litterarische Nachforschung. *Schw.*

Die Praxis des Chemikers. Von Dr. Fritz Elsner. 5. Auflage. 148 Abb. 622 S. Hamburg, Voss, 1893.

Da in den letzten Jahrzehnten von seiten des Staates der Hygieine eine ganz ausserordentliche Aufmerksamkeit zugewendet ist, hat sich ein neuer Zweig der praktischen Chemie ausgebildet, der die chemische Untersuchung aller in Betracht kommenden Genussmittel und Gebrauchsgegenstände zum Zweck hat. Mit dem vorliegenden Werk beabsichtigt der Verfasser einerseits, denen, welche sich der Nahrungsmittel-Chemie widmen wollen, die gehörige Anleitung zu geben, andrerseits, die Fachleute mit solchen Neuerungen, die sich in der Praxis bewährt haben, sowie mit den gesetzlichen Verordnungen, die im Laufe der Zeit auf dem in Rede stehenden Gebiet erschienen sind, eingehend bekannt zu machen. Auch für den Lehrer hat das Buch einen gewissen Wert, insofern es ihn über viele Kapitel der praktischen Chemie ausführlicher orientiert als die gewöhnlichen Handbücher der chemischen Technologie und ihn in den Stand setzt, auf die eventuell seitens der Schüler und des Publikums an ihn gerichteten Fragen Auskunft zu erteilen. Einige Abschnitte, wie die Hygieine der Luft und des Wassers und die bakteriologischen Untersuchungsmethoden, dürften für ihn von besonderem Interesse sein, da er ihnen mancherlei für den Unterricht Brauchbares entnehmen kann.

Bemerkt sei noch, dass im Buchhandel bereits die ersten Lieferungen der 6. Auflage erschienen sind. *R. Lüpke.*

Die Praxis des Organischen Chemikers. Von Dr. Ludwig Gattermann, a. o. Professor an der Universität Heidelberg. Mit zahlreichen Abbildungen im Text. Leipzig, Veit & Comp. 1894. 303 S. M. 6,—.

Das Buch ist dazu bestimmt, den Studierenden in die praktischen Arbeiten der organischen Chemie einzuführen, sowie ihn in den Stand zu setzen, die wichtigsten Operationen völlig selbständig auszuführen. Zu letzterem Zweck sind in einem „Allgemeinen Teil“ die häufigsten Operationen wie Krystallisation, Sublimation, Destillation, Erhitzen unter Druck, ferner die organische Elementaranalyse an der Hand sehr sorgfältiger Zeichnungen ausführlich erörtert. Gerade aus diesem Teile sind auch für den organisch-chemischen Unterricht der höheren Schulen, der leider durch die neuen Lehrpläne teils ganz ausgemerzt, teils auf ein Minimum reduziert worden ist, wertvolle Angaben zu entnehmen. Im „Speziellen Teil“ werden die wichtigsten Reaktionen an einer Menge einzelner abgeschlossener Beispiele erläutert, wobei mit dem „Ersatz alkoholischer Hydroxylgruppen durch Halogen“ begonnen wird; die aromatische Reihe ist besonders umfangreich behandelt. Der so wichtigen theoretischen Seite dieser praktischen Arbeiten ist die gewissenhafteste Würdigung zu teil geworden. Das reich ausgestattete Buch wird sich neben den Anleitungen von E. Fischer und Levy gewiss viele Freunde erwerben. *O. Ohmann.*

Leitfaden der Chemie insbesondere zum Gebrauch an landwirtschaftlichen Lehranstalten. Von Dr. H. Baumhauer. Freiburg i. B., Herder, 1894. II. Teil, organische Chemie. 2. Auflage. 16 Abb. 82 S. M. 0,80.

Das günstige Urteil, welches sich auf den I. Teil dieses Leitfadens, die anorganische Chemie (*VII 257*) bezog, kann der Referent mit vollem Recht auch von dem II. Teil abgeben. Hinsichtlich der an sich nicht leichten Auswahl und Anordnung des Stoffes scheint der Verfasser im allgemeinen das Richtige getroffen zu haben. In leicht verständlichen Worten führt er den Schüler in die hauptsächlichsten Lehren der Kohlenstoffverbindungen, die dem Standpunkt der Wissenschaft ganz entsprechen, ein. Sogar die Strukturchemie, sowie die Synthese werden in ausreichendem Maasse berücksichtigt. Aber auch die wichtigsten Industriezweige, welche von pflanzlichen und tierischen Rohprodukten ausgehen, werden eingehend genug erörtert. Überhaupt wird die praktische Bedeutung der Kohlenstoffverbindungen, insbesondere derjenigen, welche für die Lebensprozesse der Organismen eine hervorragende Rolle spielen, gehörig betont. Nur hätte der Verfasser auf die Papierfabrikation näher eingehen und das Kapitel der aromatischen Verbindungen etwas weiter ausdehnen können.

Wenn auch dieser Leitfaden in erster Linie für landwirtschaftliche Schulen bestimmt ist, so ist er doch auch für die höheren Schulen wohl zu empfehlen. *R. Lüpke.*

Roscoe-Schorlemmers kurzes Lehrbuch der Chemie. Von Henry E. Roscoe und Alexander Classen. Zehnte vermehrte Auflage. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1894. XXVI u. 541 S. M. 7,50.

Die vorliegende zehnte, von A. Classen besorgte Auflage hat teilweise eine Neubearbeitung erfahren. Diese betrifft hauptsächlich den organischen Teil (S. 316—514), in welchem nunmehr, der besseren Übersichtlichkeit halber, Zusammensetzung und Reaktionen durchweg in aufgelösten Formeln ausgedrückt sind. Die Bemerkung (S. 73) „Der Kohlenstoff ist ein fester Körper, welcher bei der höchsten Temperatur, die man künstlich hervorbringen kann, weder schmilzt noch sich verflüchtigt" wäre besser dahin zu ergänzen, dass dieses Element nur mit Hülfe des elektrischen Stromes (als Kohlenfaden in der Glühlampe) sublimiert werden kann. Im übrigen bedarf das Lehrbuch, eine durchaus bewährte Zusammenstellung des Wissenswertesten aus der Chemie, der weiteren Empfehlung nicht mehr. *O. Ohmann.*

Vierstellige Logarithmentafeln nebst mathematischen, physikalischen und astronomischen Tabellen, für den Schulgebrauch zusammengestellt von Dr. A. Schülke. Leipzig, B. G. Teubner 1895.

Die vorliegenden Tafeln gehen von dem Grundsatz aus, dass die Genauigkeit in dem numerischen Zahlenrechnen dem Gesichtskreis der Schule entsprechen soll, in keinem Falle aber ihn ohne Not zu überschreiten hat. Der Referent denkt noch der nicht allzufernen Zeit, in der Schüler sich mit dem schweren Geschütz siebenstelliger Logarithmentafeln zu schleppen hatten, während Studierende an der Universität sich schon der Bequemlichkeit vierstelliger Logarithmentafeln erfreuten. Auch die von der Schulverwaltung gegenwärtig bevorzugten fünfstelligen Logarithmentafeln nehmen Zeit und Kraft des Unterrichts und der Schüler in ganz unnötiger Weise in Anspruch. Die Beschränkung auf vier Stellen gestattet auf 18 Seiten nicht allein den alten Inhalt der Logarithmentafeln in ausserordentlich übersichtlicher Form wiederzugeben, sondern diesen zum Vorteil für den Unterricht noch wesentlich zu bereichern. Als solche Bereicherung mögen Tafeln für die natürlichen trigonometrischen Funktionen, für Bogenlängen, reziproke Zahlen, Wurzeln und natürliche Logarithmen sowie Tabellen physikalischer und astronomischer Constanten hervorgehoben werden. Die Teilung der Grade ist wie auch bei den vierstelligen Bremikerschen Logarithmen die dezimale. Für die log. sin. und tang. kleiner Winkel ist eine besondere Tafel aufgenommen, welche wegen der dann stattfindenden strengen Proportionalität gestattet zu beliebig kleinen Winkeln fortzuschreiten. Für die Logarithmen der Zinsfaktoren von 1000—1100 ist eine fünfstellige Tafel hinzugefügt.

Der Zweck der Tafeln zum Schulgebrauch ist ein anderer wie der zum berufsmässigen Rechnen, und darum wird man die sonst üblichen, seitlich angebrachten Differenztäfelchen nicht vermissen. Die Tafeln können auch den Studierenden an Hochschulen empfohlen werden. *P. V.*

Akustik des Baumeisters oder der Schall im begrenzten Raume. Von A. Sturmhoefel, Stadtbaurath a. D. Mit 22 Textfiguren. Berlin, Schuster und Bufleb, 1894. VI und 88 S.

Der Verfasser giebt in der ausserordentlich anregend geschriebenen Abhandlung nach einigen Grundlehren der physikalischen Akustik die wichtigsten Gesetze und praktischen Regeln, die bei dem Bau von Concertsälen, Kirchen u. s. w. zu berücksichtigen sind, vielfach auf Grund eigener, ad hoc angestellter Versuche. So werden u. a. die glatten Wände in ihrer Eigenschaft als Schallspiegel sowie die reliefierten Flächen in ihrer schallzerstreuenden Wirkung eingehend erörtert, ferner wird nachgewiesen, wie die Reflexwirkungen in ihrer Gesamtheit die direkte Schall-

wirkung überragen, so dass „ein Versammlungsraum selbst für mehr als viertausend Sitzplätze, wenn er zweckmässig gestaltet und durchgebildet ist, von der menschlichen Stimme in befriedigender Weise beherrscht werden kann", wobei mehrfach die günstigen akustischen Verhältnisse des Oberammergauer Theaters herangezogen werden. Wenngleich einige weniger wesentliche Punkte des ersten Teiles vom physikalischen Standpunkt aus anfechtbar sind (u. a. S. 4, Zeile 11 bis 21, Zeile 24, S. 22), so kann dies gegenüber dem im Ganzen Gebotenen nicht ins Gewicht fallen. Jeder der sich für die Akustik interessiert, wird aus dem Buche vielseitige Anregung schöpfen und manches davon auch im Unterricht verwerten können. *O. Ohmann.*

Programm-Abhandlungen.

Über elektrische Figuren. Von H. Oberbeck. Herzogl. Karls-Gymnasium zu Bernburg. Ostern 1894. 25 S.

Der Verfasser giebt eine ziemlich erschöpfende historische Übersicht über jene eigenartigen „elektrischen Figuren", welche sich durch positive und negative Entladungen hervorbringen lassen und die zu den wenigen Erscheinungen gehören, in denen sich eine spezifische Verschiedenheit beider Elektricitäten zu äussern scheint. Er unterscheidet vier Gruppen: 1) Figuren haftender Elektricität, die durch Aufstreuen eines Pulvers sichtbar gemacht wird (Lichtenbergsche, Kundtsche Staubfiguren); 2) Figuren rein mechanischer Einwirkung der Entladung (von Holtz, Abria, Antolik, Dvořák u. a.); 3) Figuren, die durch mechanische und chemische Einflüsse gebildet werden (Hauch- und Zerstäubungsfiguren; Priestleysche, Nobilische und Guébhardsche Ringe); 4) Figuren rein chemischer Einwirkung der Entladung (Jodfiguren, Figuren auf lichtempfindlichen Platten). — Die kritische Zusammenstellung der von verschiedenen Forschern für diese Figuren gegebenen Erklärungen zeigt, dass es noch nicht gelungen ist, eine alle Erscheinungen umfassende Hypothese aufzustellen, dass namentlich die Ursache der verschiedenartigen Wirkung positiver und negativer Elektricität noch nicht genügend festgestellt ist. Hier liegt noch ein Feld für die Forschung offen, und wer es betritt, wird die vorliegende Abhandlung nicht entbehren können. *E. Schenck, Berlin.*

Technologische Prozesse für den chemischen Unterricht. Von Dr. L. Köhler. Realschule vor dem Holstenthore zu Hamburg, 1894. Progr. No. 737.

Der Verfasser hat einige der wichtigsten chemisch-technologischen Prozesse, nämlich die Fabrikation der Schwefelsäure, die Vorgänge im Eisenhohofen und die Gewinnung des Leuchtgases nach den bewährten Grundsätzen der Methodik für den Unterricht bearbeitet. Es wird die Theorie dieser Prozesse in Übereinstimmung mit den neusten Forschungen auseinandergesetzt, nachdem zum Verständnis derselben eine Reihe passender Versuche, welche dem Fabrikationsgang möglichst genau entsprechen und sich nach eigner Erfahrung des Referenten leicht und sicher ausführen lassen, vorangeschickt ist. Die Abhandlung ist daher den Fachkollegen wohl zu empfehlen. *R. Lüpke.*

Versammlungen und Vereine.

Physikalische Gesellschaft zu Berlin.

Sitzung am 19. Oktober 1894. Herr E. du Bois-Reymond gedachte des Verlustes, den die Gesellschaft durch den Tod ihres Präsidenten H. v. Helmholtz erlitten hat. — Herr R. Börnstein führte einen lichtelektrischen Versuch der Herren Elster und Geitel vor. — Herr A. König sprach über den menschlichen Sehpurpur im Anschluss an seine mit E. Köttgen ausgeführten Versuche (Ber. Berl. Ak. 21. Juni 1894). Die Versuche nötigen zu folgenden Annahmen: In der fovea centralis und allen Zapfen kommt kein Sehpurpur vor; die der Reizschwelle zukommende farblose Empfindung wird durch schwache Zersetzung des Sehpurpurs verursacht; bei stärkerer Zersetzung des Sehpurpurs entsteht die Empfindung blau; die noch unbekannten Sehsubstanzen für rot und grün sind schwerer zersetzbar als der Sehpurpur; bei Totalfarbenblinden ist der Sehpurpur die einzige lichtempfindende Substanz; die Ungültigkeit des Newtonschen Farbenmischgesetzes rührt daher, dass mit steigender Intensität des Lichtes sich die spektrale Verteilung seines Reizwertes ändert; der physiologische Vorgang bei der Weissempfindung ist qualitativ von dem Vorgang der Grauempfindung (der Reizschwelle) verschieden.

Sitzung am 2. November 1894. Herr E. du Bois-Reymond widmete dem verstorbenen N. Pringsheim Worte der Erinnerung. — Herr C. M. Wind gab eine Übersicht über neuere Untersuchungen bezüglich des Kerrschen Phänomens. Er setzte die Lorentzsche Theorie aus-

einander, besprach die anschliessenden Arbeiten von van Loghem, Kaz, Sissing und Zeemann, dann die Theorieen von Goldhammer und Drude. Lorentz macht die Annahme, dass der „Hall-Effekt", wie bei den Leitungsströmen, so auch bei den Verschiebungsströmen, die mit den ersteren zusammen die Lichtschwingungen bilden, sich geltend mache; der Vortragende fügt dem noch die Annahme hinzu, dass die Hall-Wirkung im allgemeinen für beide Teile ungleiche Stärke habe und erreicht so einen genauen Anschluss der Lorentzschen Theorie an die Erscheinungen.

Sitzung am 16. November 1894. Herr H. W. Vogel sprach über Farbenwahrnehmungen bei monochromem und dichromem Licht, wozu ihn Beobachtungen wie das weissliche Aussehen der Goldmünzen bei Lampenlicht, die abnormen Farbeneffekte in farbig verglasten Räumen u. a. veranlasst hatten. Er experimentierte mit einer elektrischen Lampe und farbigen Glasplatten oder Cuprammonlösung, auch mit Natriumflammen und Argandflammen mit Rubinrotcylinder. Die anscheinend abnormen Urteile über Contrastfarben erklärt er durch folgende Annahme: Wir erachten eine Fläche für gelb, wenn uns der Mangel an blauen Strahlen (z. B. im Schatten von blauem Licht) zum Bewusstsein kommt, für grün bei dem Mangel roter, für rot bei dem Mangel grüner, für blau bei dem Mangel gelber oder rotgelber Strahlen. Auch die Magnesiumlampe von Süss in Marburg, die stundenlang brennt ohne zu erlöschen, ist für solche Versuche brauchbar. — Herr H. Rubens berichtete über Ferntelegraphie ohne Draht (vgl. d. Heft S. 280).

Verein zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts in Wien.

Der im Januar d. J. begründete Verein hielt am 30. März im Festsaal des K. K. Staats-Real- und Ober-Gymnasiums im VI. Bezirk seine constituierende Versammlung ab, an der sich zahlreiche Angehörige der Wiener Hoch-, Mittel- und Bürgerschulen beteiligten. Den Vorstand bilden die Herren V. v. Lang, M. Glöser, K. Haas, F. S. Daurer, J. Kraus, H. Huber, E. Maiss, A. Höfler, M. Kuhn, J. Schweighofer. — In der ersten Sitzung führte Herr K. Haas die von ihm construierten Apparate zur Demonstration der Präcession der Tag- und Nachtgleichen und der Ballschen Eiszeittheorie, sowie seinen Präcessionsglobus vor. Ferner machte der Vortragende Auseinandersetzungen über einen Brechungsapparat (d. Heft S. 266), über einen nach seiner Angabe hergestellten Stabilitätsapparat, mittels dessen die Bedingungen der Stabilität unabhängig von einander vorgeführt werden können, sowie über die Herstellung und Fixierung magnetischer Kraftlinien. Versuche mit Gülchers Thermosäule beschlossen den Vortrag.

Dem jungen Vereine wird in den Kreisen, die unserer Zeitschrift nahe stehen, das lebhafteste Interesse entgegengebracht.

Correspondenz.

Über den Handfertigkeitsunterricht am sechsklassigen Lehrerseminar in Cöthen, der mit besonderer Rücksicht auf die Anforderungen der physikalischen Unterrichtspraxis erteilt wird, macht Herr Seminaroberlehrer Dr. A. Pabst folgende nähere Mitteilung:

„Der Schwerpunkt der praktischen Arbeiten, die in einer Mittelklasse im Winterhalbjahr obligatorisch (zwei Stunden wöchentlich), in den oberen Klassen fakultativ betrieben werden, liegt in der Bearbeitung der Metalle und des Glases. Das Arbeitszimmer ist dementsprechend mit einem Werktisch und der nötigen Anzahl von Schraubstöcken, sowie mit allen erforderlichen Werkzeugen ausgestattet. Die Glasarbeiten werden am Bunsen- (Teclu-) Brenner, sowie an der Lötlampe ausgeführt.

I. Die Metallbearbeitung erstreckt sich auf Feilen, Nieten, Bohren, Löten, Härten von Stahl, Bearbeitung von Draht und Blech, event. auch Lackieren und Schneiden eines Gewindes. Die wichtigsten Werkzeuge (z. B. Bohrer) werden angefertigt und die Eigentümlichkeiten des zu bearbeitenden Stoffes werden genügend hervorgehoben (z. B. Erwerbung der Federkraft des Messings durch Hämmern, Magnetischwerden des Eisens durch Feilen, Anlassfarben des Stahles, Weichmachen des Eisens u. s. w.)

II. Die Glasbearbeitung beginnt mit Behandlung der Röhren (Abbrechen, Abrunden der Bruchränder, Erweitern in der Flamme, Löten, Ausziehen zur Spitze und Zuschmelzen, Biegen, Ausziehen zu Kapillaren, Anblasen einer Kugel, Einschmelzen eines Platindrahtes, Herstellung einer Öffnung in der Flamme); sodann folgt das Absprengen von Cylindern und Flaschen (mit der Schnur, mit Sprengkohle, mit dem Draht oder Lötkolben), das Abschleifen oder Mattschleifen mit Schmirgel, das Bohren eines Loches und das Schneiden einer Scheibe (mit dem Stahlrädchen oder mit dem Diamanten).

III. An die Bearbeitung der Metalle und des Glases schliesst sich das Wesentlichste an über die Behandlung anderer Materialien, soweit diese für die physikalische Technik in Betracht kommen, also zunächst: Kork, Kautschuk, Hartgummi, Quecksilber, Amalgam; auch Gips. Schellak, verschiedene Kitte und Firnisse finden Verwendung. Einige Übungen in der Bearbeitung von Holz und Pappe ergeben sich von selbst und werden möglichst mit den einfachsten Werkzeugen und Hilfsmitteln ausgeführt.

IV. Nachdem die Vorübungen erledigt sind und einige Herrschaft über Werkzeug und Material gewonnen ist, beginnt der fortgeschrittenere Schüler mit der Anfertigung einfacher Apparate und Modelle, wobei möglichst verschiedene Gebiete der Physik berücksichtigt werden. Ich begnüge mich damit, einige der wichtigeren und zum grossen Teil wohlgelungenen Erzeugnisse unserer Werkstatt anzuführen: Apparate aus der Mechanik (Modelle einfacher Maschinen, Schwerpunkt und Gleichgewicht, Centrifugalbahn), Segnersche Wasserräder, Saugpumpen u. dgl.; akustische Apparate (Luftstossapparat, Sirene, Interferenzröhre); optische Apparate für Reflexion und Brechung, Kaleidoskop, Stereoskop u. dgl.; Pyrometer, Schiebersteuerung; Magnetnadel, el. Pendel, Elektroskop, Elektrophor, Elektrisiermaschine, Elektromotoren, Stromwechsler, Tangentenboussole, Modelle des Morsetelegraphen mit zwei Stationen u. s. w.“ —

Man vergleiche auch den Bericht über eine Abhandlung des Einsenders in dieser Zeitschrift *II 256*.

Zu der Programmabhandlung von O. Ohmann: „Ein Plan zur Beschaffung von Mineralien“ (d. Zeitschr. *VIII 51*) teilt uns Herr Dr. J. Kraus (Wien) folgendes mit:

„Es dürfte vielleicht Ihr Interesse erwecken, dass der Plan zur Beschaffung von Mineralien, welchen Sie im 1. Heft des 8. Jahrgangs günstig besprechen, bei uns in Wien bereits in Ausführung begriffen ist. Schon vor mehr als zwei Jahren hat der Direktor des k. und k. naturhistorischen Hofmuseums Dr. Aristides Brezina einen Plan zur Beschaffung von Mineralien, wie ihn Herr O. Ohmann entwickelt hat, in der Zeitschrift für das österreichische Volksschulwesen veröffentlicht, aber auch gleichzeitig Schritte gethan, um die geplante Lehrmittelcentrale zu schaffen. Durch die Unterstützung der Commune Wien und des k. k. Unterrichtsministeriums ist es möglich geworden, diese Centrale einzurichten, welche sich die Aufgabe stellt, Volks- und Mittelschulen Österreichs das mineralogische Anschauungsmaterial zu bieten (Wien 17. Elterleinplatz 1). Das Ackerbauministerium hat verordnet, dass die staatlichen Bergwerke nur an die Centrale alle abgebbaren Stücke liefern dürfen. Auch die dem Finanzministerium unterstehenden Salzbergwerke sind angewiesen, unsern Bedarf an Salz zu decken. Der Unterrichtsminister hat verordnet, dass alle Mittelschulen ihren Bedarf bei uns decken müssen. Der Handelsminister gewährt uns teils Frachtfreiheit (für die an uns adressierten Mineralien) teils Ermässigung für die von uns verschickten Sammlungen. Die Subvention der Commune deckt die Miete und die Einrichtungskosten.

Es sei hierzu bemerkt, dass der Plan von O. Ohmann bereits vor vier Jahren, im Frühjahr 1891, der preussischen Behörde vorgelegen hat, dass indessen die zu seiner Verwirklichung versuchten Schritte bis jetzt zu keinem Ergebnis geführt haben.

Die Naturwissenschaftlichen Ferienkurse zu Berlin haben vom 17. bis 27. April d. J. stattgefunden. Das Programm enthielt folgende Vorträge: Prof. Möbius: Tierleben der deutschen Meere, 2 St.; Prof. Magnus, Erkrankungen der Kulturpflanzen durch parasitische Pilze, 4 St.; Prof. Wahnschaffe, heisse Quellen und Geysir, 2 St.; Prof. Fischer, Theorie und Anwendung der Kohlehydrate, 2 St.; Prof. Gabriel, Gasanalyse und Zusammensetzung der Atmosphäre, 1 St.; Prof. Jahn, Theorie und neuere Anwendungen der Elektrochemie, 2 St.; Dr. Wolff, Nitrocellulose, 3 St.; Dir. Schwalbe, comprimierte Gase im Unterricht, $1^1/_2$ St.; Prof. v. Schäwen (Breslau), Nebenapparate zur Reibungsmaschine, $1^1/_2$ St.; Prof. Looser (Essen), Schulversuche mit dem Thermoskop, 1 St.; Stabsarzt Dr. Wernicke, Verbreitung von Krankheiten durch die Schule, $1^1/_2$ St.; Stabsarzt Dr. Bonhoff, über Gesundheit und Krankheit, geistige und körperliche Arbeit, 3 St.; Dir. Vogel, Beschaffung des botanischen und zoologischen Anschauungsmaterials, 1 St.; Dr. Schmidt, über geographisches Zeichnen, 1 St. — Ausserdem wurden Besuche des Museums für Naturkunde, der geologischen Landesanstalt, des hygienischen Instituts, des botanischen Museums und Gartens, der Rüdersdorfer Kalkberge u. a. veranstaltet.

Himmelserscheinungen im Juli und August 1895.

☾ Mond, ☿ Merkur, ♀ Venus, ♁ Erde, ☉ Sonne, ♂ Mars,
♃ Jupiter, ♄ Saturn. — ☌ Conjunktion, □ Quadratur, ☍ Opposition.

Monatstag	Juli 5	10	15	20	25	30	August 4	9	14	19	24	29	
Helio-centrische Längen.	291°	307	324	345	8	35	66	97	127	152	175	197	☿
	236	244	252	260	268	276	284	292	299	307	315	323	♀
	283	288	293	297	302	307	312	317	321	326	331	336	♁
	154	156	159	161	163	165	167	170	172	174	176	178	♂
	108	108	108	109	109	110	110	111	111	111	112	112	♃
	216	216	217	217	217	217	217	217	217	218	218	218	♄
Aufst. Knoten.	346°	346	345	345	345	345	345	344	344	344	343	343	☾
Mittl. Länge.	261	327	32	98	164	230	296	2	68	134	199	265	☾
Geo-centrische Recta-scensionen.	265°	329	23	94	168	233	302	358	57	134	202	272	☾
	98	96	96	98	103	111	120	130	141	151	160	168	☿
	151	156	160	164	168	171	174	177	179	180	181	181	♀
	104	109	114	120	124	129	134	139	144	148	153	158	☉
	138	141	144	147	150	153	156	159	162	165	168	171	♂
	108	109	111	112	113	114	115	116	118	119	120	121	♃
	209	209	209	210	210	210	210	210	211	211	211	212	♄
Geo-centrische Dekli-nationen.	−28°	−14	+13	+28	+ 5	−24	−24	+ 1	+25	+20	−13	−28	☾
	+18	+19	+19	+20	+21	+22	+21	+20	+17	+14	+10	+ 6	☿
	+13	+11	+ 9	+ 7	+ 4	+ 2	+ 0	− 2	− 4	− 5	− 7	− 8	♀
	+ 23	+22	+22	+21	+20	+19	+17	+16	+14	+13	+11	+ 9	☉
	+17	+16	+15	+14	+13	+12	+11	+10	+ 9	+ 7	+ 6	+ 5	♂
	+23	+22	+22	+22	+22	+22	+22	+21	+21	+21	+21	+21	♃
	− 9	− 9	− 9	− 9	−10	−10	−10	−10	−10	−10	−10	−10	♄
Aufgang.	15h47m	15.52	15.58	16.5	16.12	16.19	16.27	16.35	16.43	16.52	17.0	17.9	☉
	8h 8m	10. 9	10.55	14.10	21.55	3.41	7.49	8.43	10.1	16 16	23.58	4.53	☾
Untergang.	8h22m	8.19	8.14	8.8	8.1	7.54	7.45	7.36	7.26	7.16	7.5	6.54	☉
	14h17m	20.25	1.15	7.33	9.28	10.46	15.43	21.47	2.56	7.4	8.11	11.4	☾
Zeitglchg.	+4m17s	+5.4	+5.41	+6.6	+6.18	+6.14	+5.55	+5.20	+4.32	+3.31	+2.17	+0.53	☉

Daten für die Mondbewegung (in Berliner Zeit):

Juli	6	12h	22,m4	Vollmond	August	5	2h 44,m9 Vollmond
„	10	20		Mond in Erdferne	„	7	8 Mond in Erdferne
„	14	16	24,7	Letztes Viertel	„	13	6 12,2 Letztes Viertel
„	21	18	25,4	Neumond	„	20	1 49,3 Neumond
„	23	2		Mond in Erdnähe	„	20	10 Mond in Erdnähe
„	28	9	29,3	Erstes Viertel	„	26	18 36,9 Erstes Viertel.

Constellationen. Juli: 1 3h ☿ untere ☌ ☉; 1 19h ☉ in Erdferne; 4 19h ♀ ☌ Regulus ♀ 0° 38′ nördlicher; 4 21h ♂ in Sonnenferne; 10 2h ♃ ☌ ☉; 10 22h ♀ in grösster östlicher Ausweichung; 20 8h ☿ ☌ ☾; 21 4h ♃ ☌ ☾; 22 11h ☿ grösste westliche Ausweichung; 23 14h ♄ □ ☉; 23 15h ☌ ☌ ☾; 24 23h ♀ ☌ ☾; 25 16h ☌ ☌ Regulus, ☌ 0° 41′ nördlicher; 28 6h ♄ ☌ ☾. — August: 1 6h ☿ ☌ ♃, ☿ 0° 9′ südlicher; 5 14h ☿ in Sonnennähe; 11 12h ♀ in grösstem Glanze = 43 × α *Lyrae*; 17 8h ☿ obere ☌ ☉; 18 0h ♃ ☌ ☾; 20 unsichtbare Sonnenfinsternis; 20 7h ☿ ☌ ☾; 20 16h ♀ in Sonnenferne; 21 7h ☌ ☌ ☾; 22 9h ♀ ☌ ☾; 24 16h ♄ ☌ ☾.

Meteore. Juli: Maximum 25.—31. Die Perseiden sind des Mondlichtes wegen erst vom 11. August an, etwa bis zum 16., zu beobachten. (Wegen systematischer Beobachtung setze man sich mit der Berliner Sternwarte in Verbindung.)

Das **Zodiakallicht** ist an den mondfreien Morgen, im Juli zwischen 14 und 15, im August zwischen 15 und 16h, am Osthimmel zu beobachten.

Die Milchstrasse in der Gegend der Sternbilder *Aquila*, *Serpens*, *Scutum*, *Sagitttarius* bildet im Hochsommer ein interessantes Objekt für Beobachter, die mit guten Augen ausgerüstet sind und freie Aussicht nach Süden haben. Man vergl. hierzu d. Z. *VII. 264.*

Veränderliche Sterne. 1) Algols-Minima treten ein Juli 0 16h (bürgerlich Juli 1 4h morgens), 23 14h, August 12 16h, 15 13h, 18 10h. — 2) Die Mitternachtsdämmerung erlischt Juli 26. Die Sterne β, *R Lyrae*, η *Aquilae*, δ, μ *Cephei* sind abends, *P Persei* und ε *Aurigae* spät abends zu beobachten.

J. Plassmann, *Warendorf.*

Nachdruck nur mit Quellenangabe und Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Druck von Otto Lange in Berlin C.